A. COURNOT

TRATADO DEL ENCADENAMIENTO DE LAS IDEAS FUNDAMENTALES EN LAS CIENCIAS Y EN LA HISTORIA

Historia y Filosofía de la Ciencia

ESPASA-CALPE ARGENTINA S.A.
BUENOS AIRES - MÉXICO

A. COURNOT

TRATADO
DEL
ENCADENAMIENTO DE LAS IDEAS FUNDAMENTALES
EN LAS CIENCIAS
Y EN LA HISTORIA

TRADUCIDO POR
REGGY LEVI VILLIER

ESPASA-CALPE ARGENTINA, S. A.
BUENOS AIRES - MÉXICO

IMPRESO EN LA ARGENTINA

Primera edición para la colección Historia y Filosofía de la Ciencia
Queda hecho el depósito dispuesto por la ley número 11.723
Copyright by Compañía Editora Espasa-Calpe Argentina, S. A,
Buenos Aires, 1946

ÍNDICE

PREFACIO 13

LIBRO PRIMERO

DEL ORDEN Y DE LA FORMA

CAP. — PÁG.

I. Del orden y de la forma en general. De los caracteres de las ciencias lógicas y de las ciencias matemáticas 21
II. De las ideas de género y de especie, de número y de combinación, y de las teorías lógicas y matemáticas que tienen en ellas su fuente 29
III. Del paso del orden puramente inteligible al orden fenoménico. De las ideas de tiempo y espacio. De las ideas o intuiciones primitivas en geometría 38
IV. De la cinemática o de la teoría geométrica de los movimientos considerados en sí mismos, independientes de toda noción acerca de las causas físicas que los producen y la naturaleza de los cuerpos 50
V. De las ideas de ley o sucesión regular, de lo esencial y de lo accidental; del orden y de la clasificación racionales en oposición al orden y a la clasificación lógica. De la idea de tipo 59
VI. De las ideas de función y de variable independiente; de la medida del tiempo y de los principios del cálculo infinitesimal 69
VII. De las ideas de azar y de probabilidad, y de sus aplicaciones lógicas y matemáticas. Del arreglo sinóptico de las ideas que se refieren al orden y a la forma 76
VIII. De lo que sería de las ciencias y de la filosofía, si las ideas a las que se refieren en sus explicaciones, se redujeran a las tratadas en este primer libro 88

LIBRO SEGUNDO

LA FUERZA Y LA MATERIA

I. De las ideas de fuerza y del consumo de fuerza 99
II. De los principios de la estática, o de la teoría del equilibrio de las fuerzas 108
III. De las ideas de materia, masa e inercia 119
IV. Del paso inmediato de la teoría geométrica del movimiento a la teoría física del movimiento de los cuerpos. Del paso de la estática a la teoría física del movimiento. Del valor y del

CAP.		PÁG.
	papel de los principios de la mecánica física en la filosofía natural	126
V.	De la doble naturaleza de las aplicaciones de la mecánica física. Resumen sinóptico	142
VI.	De la subordinación de los caracteres y de la clasificación de las teorías físico-químicas	150
VII.	De la mutua conversión de los efectos mecánicos, físicos y químicos. Generalización de la idea de fuerzas disponibles y del principio de la conservación de las fuerzas en las conversiones circulares	163
VIII.	Del valor de las hipótesis en uso en la física corpuscular y en la física de los imponderables	175
IX.	Consideraciones generales sobre el atomismo y el dinamismo. De las ideas de causa y sustancia en cuanto proceden de las ideas de fuerza y materia	185
X.	Caracteres generales de los fenómenos y de las leyes del orden físico. De la idea de mundo y de las ciencias cosmológicas, en contraste con las ciencias físicas propiamente dichas	193
XI.	De las ideas de unidad, individualidad, especie y tipo, en su aplicación a las ciencias físicas y cosmológicas. De la infinitud del mundo, en el espacio y en el tiempo	202
XII.	De las cuestiones de origen en las ciencias cosmológicas. De las ideas de orden, armonía, finalidad y belleza, en su aplicación a los fenómenos cósmicos	212

LIBRO TERCERO

LA VIDA Y EL ORGANISMO

I.	De la vida y del organismo en general	225
II.	Del cuadro y de los caracteres de las ciencias naturales. De la historia y de la filosofía de la naturaleza	235
III.	De las ideas de individualidad, centralización y perfección orgánica. De las ideas de tipo orgánico y de un plan de los organismos	244
IV.	De la idea de fuerza en su aplicación a los fenómenos vitales. Del modo y condiciones de la acción vital	255
V.	Del paso de los fenómenos físicos a los fenómenos vitales. De la generación y sus diversos modos	270
VI.	De las razas y las especies, y del parentesco de las especies	284
VII.	De la habitación, patria y edad o sucesión de las especies	296
VIII.	Del origen de las especies y de la idea de creación orgánica	307
IX.	De las ideas de sustancia y de causa, en cuanto se aplican a la interpretación de los fenómenos de la vida orgánica y de la vida animal	320
X.	De las ideas de armonía y finalidad, de las ideas de lo bello y del bien en sus aplicaciones a los seres vivientes. De la idea de Naturaleza	331

Filosofia, mi disse, a chi l'attende
Nota non pure in una sola parte
Come Natura lo suo corso prende

(DANTE, Inf., c. XI)

Como en nuestras obras precedentes, hemos adoptado una numeración de párrafos que provoca y facilita las comparaciones. Este procedimiento, que tomamos de las ciencias exactas, se hace casi indispensable cuando se trata nada menos que de remover todo el sistema de nuestras ideas, para tratar de ordenarlo. En consecuencia, las cifras que encerramos entre paréntesis designan los números de los párrafos a los que aludimos o a los que remitimos al lector.

PREFACIO

Hace ya más de dos siglos que Hobbes, en medio de las agitaciones políticas de su país, «deseando, como dice él mismo (*) distraerse en el estudio de la filosofía, encontrando satisfacción en recoger sus primeros elementos, daba plena libertad a su espíritu y lo paseaba por todas las cosas del mundo que acudían a su pensamiento. Había adelantado poco a poco en su obra, hasta dividirla en tres secciones, la primera de las cuales, que trataba del cuerpo y de sus propiedades en general, comprendía lo que se llama filosofía primera y algunos elementos de la física. En ella trataba de descubrir las razones del tiempo, del lugar, de las causas, de las fuerzas, de las relaciones, de las proporciones, de la cantidad, de la figura y del movimiento. En la segunda, se detenía en una consideración particular del hombre, de sus facultades y de sus afecciones: imaginación, memoria, entendimiento, raciocinio, apetito, voluntad, el bien, el mal, lo honesto, lo deshonesto y otras cosas semejantes. En la tercera y última, la sociedad civil y los deberes de los que la componen, servían de materia a sus razonamientos»...

Nuestras pretensiones (¿lo confesaremos?) han sido mayores. No hemos querido entretenernos, solamente, pensando en toda suerte de cosas, sin perjuicio de encontrar luego un cuadro para ordenar nuestros pensamientos: por el contrario, el cuadro ha sido el objeto principal que hemos tenido en cuenta, y la tela ha sido hecha para el cuadro y no el cuadro para la tela. En esas condiciones era fácil reconocer que el programa del filósofo inglés, bueno quizá para su época, no podía convenir a la nuestra.

El hecho de que Descartes y sus contemporáneos, a imitación de los filósofos griegos, comprendieron en su «física» la generación, el desarrollo y las funciones de los seres vivos, lo mismo que el conjunto de leyes a las que obedecen los cuerpos inertes y privados de vida, se explica por el estado de las ciencias: pero hoy, esta manera de filosofar ya no puede ser sostenida. Si es verdad que las ciencias «físicas» (las que tienen por objeto la materia en estado inorgánico), realizaron muchos

(*) Prólogo del Tratado «de Cive», primera traducción francesa de Sorbiere, 1651.

progresos desde Descartes y Hobbes, las ciencias «naturales» (las que estudian los seres organizados y vivientes) adquirieron desarrollos mucho más vastos todavía: y cuanto más se desarrollaron, más pronunciado se hizo el contraste entre unas y otras, en cuanto a los objetos, principio y métodos. Por otra parte, cuanto más se estudian los idiomas, las costumbres, las ideas, las instituciones y la historia de las diversas ramas del género humano, mayor es la ayuda que tenemos que solicitar, para dicho estudio, a los principios y métodos de las ciencias naturales. Existe allí un hecho de experiencia científica, más poderoso que todas las ideas preconcebidas, al que los filósofos tendrán que acomodar sus ideas sistemáticas, ya que no pueden doblegar los hechos ante sus sistemas.

De aquí la necesidad de dejar en lo sucesivo, en toda clasificación de este tipo o en toda Suma filosófica, un lugar especial para la discusión de los fenómenos vitales y de las ideas que nos guían en la interpretación cintífica de esos fenómenos. Allí está verdaderamente la parte central y media, el nudo del sistema de nuestras ideas y de nuestros conocimientos científicos. Además (y esto es de la mayor importancia) cuando la serie de nuestras ideas ha sido así construída, nos damos cuenta que, a ambos lados de la región central o mediana, las dos partes de la serie muestran una tendencia a una disposición simétrica. En ambos extremos de la serie, la razón, el cálculo, el mecanismo dan a la vez la primera clave del estudio de la Naturaleza y la explicación de las últimas fases de las sociedades humanas. La constitución de nuestra inteligencia hace que para nosotros esas partes correspondientes del sistema de nuestros conocimientos sean las más claras, mientras que estamos condenados a no tener nunca más que un sentimiento oscuro del principio de la vida y de sus operaciones instintivas. Tal es la idea dominante cuyos desarrollos y pruebas, sobre todo, habrá que buscar en esta obra. Nuestros esfuerzos no serían vanos si hubiésemos logrado ponerla suficientemente de relieve, porque tienen consecuencias serias tanto para la especulación, como para la inteligencia de los resultados prácticos que se tienen más en cuenta, actualmente, que la pura especulación.

No bastaría reconocer bien el lugar del jalón mediano: hay que disponer convenientemente los jalones extremos. Ahora bien, comenzando por la parte anterior de la serie, notaremos que Hobbes, como sus antecesores (y permítasenos agregar, como sus sucesores) realiza una extraña mezcla, colocando juntos «las razones del tiempo, del lugar, de las causas, de las fuerzas, de las relaciones, de las proporciones, de la cantidad, de la figura y del movimiento». Es enredar las ciencias matemáticas y las ciencias físicas, sin preocuparse por la clasificación de las bi-

bliotecas y las de las Academias. La filosofía debe explicar el orden establecido y no poner el desorden allí donde el orden se impone por sí mismo. Las ciencias lógicas y matemáticas, que tienen por objeto el orden, la forma y como consecuencia, las relaciones, las proporciones, la cantidad, la figura, el tiempo, el lugar y el movimiento, nada tienen que ver con las ideas de causa y de fuerza. Éstas y algunas otras que se les asocian necesariamente, son el objeto propio de las ciencias físicas y de las ciencias naturales. De allí tres planos bien distintos en la construcción científica y en la explicación filosófica que trataremos de dar de ellos: el plano de las ciencias lógicas y matemáticas (el orden y la forma), el de las ciencias físicas (la fuerza y la materia) y el de las ciencias naturales (la vida y el organismo). Tal es el objeto de los tres primeros Libros o del primer volumen del presente trabajo.

Tampoco podíamos imitar a Hobbes en su proyecto de tratar al «hombre», antes que de ocuparse de la «sociedad civil». En primer lugar, sin ser muy partidario de las ideas de José de Maistre, de buen grado solicitaríamos con él que se nos muestre al «hombre», sobre el que especulan en abstracto los filósofos o por lo menos, que se nos diga dónde se encuentra. Y en cuanto a la «sociedad civil» habría que entenderse y saber si se da ese nombre a la manera de vivir de tantos pueblos salvajes, bárbaros o no civilizados.

¡Cuánto más cerca de la verdad estaba Platón al recomendar que se estudie la sociedad civil, para conocer, sobre todo, la naturaleza del hombre! En efecto, el hombre, tal como lo conciben los filósofos, es el producto de la cultura social, como nuestras razas domésticas, animales y vegetales, son el producto de la industria de los hombres que viven en sociedades. El Autor de todas las cosas, al dar al hombre entre otros instintos y otras facultades superiores el instinto de la sociabilidad, creó las sociedades humanas y puso directamente sobre esas sociedades humanas el sello de sus obras: el perfeccionamiento progresivo de las sociedades humanas, llevándolas a ese estado en el que merecen el nombre de sociedades civiles, ha reaccionado sobre las cualidades, las facultades, las aptitudes del hombre individual, hasta el punto de motivar las especulaciones de los filósofos, aún de los más refinados y sutiles; pero no hay que invertir ese orden, porque podríamos enredar las ideas y perder el hilo de la deducción científica. Según esto, hemos dividido el segundo volumen en dos libros, uno de los cuales, el IV, trata las sociedades humanas en general, y el otro, el V y último, la historia y la civilización entre los pueblos privilegiados, destinados a vivir la vida de la historia y a ser los institutores de otros pueblos.

Como indica el título, nos hemos propuesto estudiar el orden o encadenamiento de las ideas fundamentales, más que hacer su enumeración o catálogo minucioso. Por otra parte, comprendemos de manera distinta a la de nuestros antecesores, la cuestión de las categorías o ideas fundamentales. Los primeros ensayos de este tipo fueron intentados cuando las ciencias todavía no existían, y más tarde, los metafísicos continuaron haciendo a su manera, el inventario del espíritu humano, exactamente como si las ciencias no existieran o sólo estuvieran en pañales. Sin embargo, es claro que el estudio de las ciencias y de la organización social es el verdadero criterio experimental para juzgar si una idea tiene o no la importancia que, en sus reflexiones solitarias, le atribuye el autor de una tabla de categorías. ¿Qué podríamos pensar de una idea que pretendemos fundamental y que las ciencias humanas, al desarrollarse cada vez más, dejaran de lado o que jamás hubiese gobernado los hombres, hasta el punto de dejar rastros en la historia de las sociedades humanas? En vano figuraría simétrica y elegantemente en una especie de mapa metafísico: no está comprendida entre aquellas de las cuales hemos querido ocuparnos, y nos fiamos más en un procedimiento empírico en el cual el experimentador es todo el género humano, que en las teorías preconcebidas del más grande de los filósofos. Es verdad que este método empírico obliga a acudir sin cesar a principios, métodos, teorías y resultados de las ciencias positivas, y ese es el gran escollo que presenta un tema enciclopédico por naturaleza como el que tratamos. No solamente no estamos ya en la época de los Aristóteles y los santo Tomás, sino que la época de las Leibnitz y aun de los Amperes y Humboldt ha pasado para siempre. En el actual estado de cosas, el sabio más ilustre sería mal recibido si sostuviera la tesis «de omni scibili»; ¿qué pasaría entonces si se tratara de un simple «amateur» de las ciencias y la filosofía? A pesar de toda su circunspección, cuánta indulgencia no le haría falta por parte de los hombres especializados, y ¿cómo ganaría la confianza de los otros? Sin embargo, la naturaleza de la empresa no es de aquellas que aceptan dividirse y sólo puede dejarse para un simple «amateur», ya que los genios creadores, los hombres de vocación especial, tienen otras cosas que hacer. Por otro lado, hay que suponer en el lector una gran complacencia para interesarse por una cantidad de cosas ajenas a sus estudios habituales, cuya técnica le disgusta, aunque se la haya empleado con gran sobriedad, en beneficio de algún tema que le interesa. Podrá escucharse voluntariamente, durante algún tiempo, generalizaciones metafísicas sobre la idea de fuerza; pero, ¿acaso se atenderán, a menos de saber ya un poco de geometría y mecánica, explicaciones, por sucintas que sean, de cómo geómetras y mecánicos entienden y aplican efectivamente la idea de fuerza? Y, sin embargo, ¿no está claro que a menos de tomarse ese trabajo, se corre el riesgo de contentarse con palabras y de no saber con precisión cuál es la idea de fuerza en el entendimiento humano? Por otra parte, estas reflexiones sólo se aplican a nuestro primer volumen, que tiene por objeto propio la filosofía de las ciencias, ya que es bastante notorio que todos pueden razonar sobre religión, moral política, economía política, y con mayor razón leer a quienes razonan sobre estas cosas, sin tener la necesidad de prepararse para ello mediante estudios especializados y técnicos. Deslizamos aquí esta observación, porque también tiene su valor filosófico, y no como estratagema de autor, para incitar a aquellos a quienes la lectura del primer volumen hubiese fastidiado, a ver el segundo tomo.

Además, el autor hizo conocer ya sus puntos de vista en un trabajo precedente, el «Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caracteres de la critique philosophique» (*) y, teniendo en cuenta la complejidad de los temas, antes que multiplicar los préstamos, hemos preferido remitir al lector, de una obra a otra. El primer trabajo es sobre todo de crítica; la obra presente es, ante todo, una obra de coordinación o de síntesis, como se diría ahora. ¡Ojalá que no quede relegada (después de un examen o sin él) entre tantas otras construcciones fantásticas!

En la medida en que podemos juzgar la actual disposición de los espíritus, aun los más serios (y solamente entre ellos podemos esperar encontrar lectores), parecerían estar cansados de lo que constituye el fondo de las discusiones filosóficas y gustar solamente aquello que atañe o bien a la historia, o bien al encuadre o a la forma de los sistemas de filosofía. Permítasenos una comparación que hará más sensible esta distinción. Pocas personas estarían hoy dispuestas a penetrar en el fondo de las controversias teológicas que tanto agitaron los espíritus en otras épocas. Se deja esto a los teólogos de profesión, cuyo número disminuye día a día, y en cambio se lee todavía con el mayor interés la historia de una secta o de un partido religioso desaparecido y podemos igualmente interesarnos en la tarea que tiene por objeto mostrar cómo se encadenaban todas las partes del sistema, cómo las ideas procedían unas de otras y se subordinaban a una idea dominante. Lo mismo ocurre en filosofía. La fe en la verdad filosófica absoluta se ha entibiado tanto, que el público y las Academias ya no aceptan este tipo de obras o sólo aceptan trabajos de erudición o de curiosidad histórica. Sin embargo, junto a estudios históricos,

(*) Ensayo sobre los fundamentos de nuestros conocimientos y sobre los caracteres de la crítica filosófica.

hay lugar para otros estudios cuyo propósito es determinar las formas en las que encuadran necesariamente las especulaciones de los filósofos y las conexiones que esas formas tienen entre sí. Un estudio semejante posee todos los caracteres de un trabajo científico; implica observaciones pacientes, perfeccionamientos progresivos y puede conducir a resultados estables, al conocimiento de las leyes formales y permanentes que dominan las vicisitudes de los sistemas. Es así como la ciencia, que no puede actuar sobre las agitaciones tumultuosas y continuas del océano, fija, sin embargo, los límites que por una necesidad de naturaleza, contienen esas agitaciones. Esperemos, pues, que la tibieza por la filosofía no llegará hasta suprimir todas las búsquedas de este tipo.

En un libro de crítica no existe una marcha imperiosamente determinada, ni cuestiones absolutamente inevitables; podemos dejar de lado o contentarnos con rozar solamente aquellas que, por su naturaleza, pueden molestar los cálculos prudentes o inquietar una conciencia timorata. La síntesis tiene mayores exigencias y no podría dejar ciertos casilleros vacíos, sin suprimir así puntales necesarios. De allí la obligación de abordar, en este estudio austero y que no está destinado a la muchedumbre, problemas de toda especie, entre los cuales se encuentra alguno que quizá parecerá demasiado escabroso, y que lo sería en efecto, si el autor hubiese tenido que optar entre las opiniones personales y las conveniencias de su edad o de su estado. No olvido que durante mucho tiempo he llevado, en otra organización de la enseñanza pública, el título que los Ampere y los Letronne habían ilustrado, ni lo que debo (todavía hoy) a la especie de magistratura de la que, a la edad de 60 años, tengo el honor de ser decano. Sobre todo no olvido la enorme responsabilidad que asumen quienes no temen convertirse en piedra de escándalo para los demás, oponiendo orgullosamente su propia sabiduría a la sabiduría de los siglos. Por el contrario, nuestra mejor recompensa sería haber podido reconfortar algunos espíritus perturbados, ayudándoles a poner de acuerdo su propia sabiduría con la de los siglos que los han precedido. Si en esto hay exceso de pretensión, por lo menos podemos atestiguar que siempre hemos procurado establecer (cosa de la que estamos profundamente convencidos), la independencia del papel de la razón de él de la fe; dones divinos ambos, pero que no nos llegan por los mismos conductos, que responden a necesidades diferentes y que nos asisten, cada uno a su manera, en las luchas que debemos mantener, teniendo en cuenta destinos que en nada pueden compararse.

Dijon, marzo 1861.

LIBRO PRIMERO

DEL ORDEN Y DE LA FORMA

Capítulo I

Del orden y de la forma en general. De los caracteres de las ciencias lógicas y de las ciencias matemáticas.

1. Cualquiera sea el objeto de nuestras observaciones y de nuestros estudios, lo que nos llama la atención en primer término, aquello que captamos mejor y más rápidamente es la FORMA; y como esta observación es la más general que pueda hacerse, parecería que ya por este único título, los filósofos hubieran debido poner la FORMA encabezando todas las listas de «categorías» o rúbricas bajo las cuales pueden agruparse las ideas fundamentales o constitutivas del entendimiento. El propósito de este primer capítulo será demostrar que no solamente la forma precede las demás categorías, sino que las domina todas.

La idea de forma se aplica tanto a los objetos que caen únicamente bajo el dominio del entendimiento, como a los objetos corporales, visibles, palpables. Los actos legislativos o jurídicos tienen su forma; organizar un consejo o un tribunal, fijar el número de jueces o de miembros del jurado y la mayoría requerida para una elección, una condena o una absolución, es asignar una forma a una institución política o jurídica. La sucesión de las etapas conocidas de una enfermedad, constituye la forma del fenómeno patológico. El autor de un sistema de botánica otorga, desde su punto de vista, una forma al conjunto o a una parte del reino vegetal.

No se requiere un mayor esfuerzo para reconocer que la idea de forma se confunde con la idea de ORDEN. La idea que nos forjamos de la «configuración», es decir, de la forma de una constelación o de un grupo de estrellas, tales como la Osa mayor, Orión o la Cruz del Sur, no es más que la idea de un orden según el cual se disponen las estrellas de dicho grupo. En vez de puntos separados, podríamos tener que considerar hileras de puntos tan cercanos unos a otros, que finalmente nos darían la idea de líneas o superficies continuas; el acercamiento de los puntos, la continuidad de los contornos o de las formas propiamente dichas, no impedirán la identidad señalada entre lo que

es esencial a la idea de forma y lo que es esencial a la idea de orden. Aquello que llamábamos más arriba la forma de un fenómeno mórbido, no es más que el orden según el cual se suceden las fases del fenómeno, tenga o no dicho fenómeno ciertas intermitencias, es decir, ya se sucedan las etapas con cambios bruscos, ya se presenten modificaciones continuas en la marcha del fenómeno.

No se describe la forma de una flor o de un cristal sin contar los pétalos y los estambres de la flor, las caras, aristas y ángulos del cristal: la idea de número entra, pues, en la idea de forma o en la de orden; figura también, como lo veremos, a la cabeza de todas las ideas que pueden ser denominadas «formales», por referirse todas a la gran categoría de la forma o del orden. Explicaremos la razón de esta preeminencia de la idea de número sobre todas las demás ideas formales, y por qué el espíritu humano tiende constantemente a traducir en números, siempre que sea posible, todas las relaciones que se refieren al orden y a la forma.

2. Después de habernos hecho una idea de la forma externa y general de un objeto material, tal como una máquina o un cuerpo organizado, si queremos conocerlo mejor, tenemos que penetrar en su interior, desmontar la máquina o disecar la planta o el animal, y ¿qué obtenemos con estos procedimientos? Otra vez formas u orden, a saber, las formas de las partes constitutivas y el orden, según el cual se disponen. Podríamos llevar más lejos nuestro análisis y nuestra anatomía y llamar al microscopio en nuestra ayuda; no obstendríamos resultados distintos. Si queremos proseguir el análisis con los ojos del espíritu, mucho más allá de lo que el ojo mejor pertrechado puede percibir, tampoco podríamos imaginar sino partículas figuradas de cierto modo, agrupadas en cierto orden; así, pues, aun en el terreno de las conjeturas, llegamos solamente a lo que puede agruparse bajo la rúbrica del orden y de la forma.

Lo mismo sucede en todas las ciencias. En efecto, ¿qué hacemos en el terreno científico sino clasificar, distribuir, sistematizar, construir, ordenar? Toda ciencia, es verdad, se constituye además con ciertos datos que son los elementos primarios de esta ciencia, elementos que no analizamos, en cuyo interior no penetramos, ya sea porque son efectivamente elementos simples y, por lo tanto, impenetrables, o bien porque carecemos de los medios necesarios para penetrarlos. En el primer caso, llamamos a esa ciencia, ciencia racional o formal; la forma y el orden la constituyen y la iluminan de un extremo a otro, hasta en los más íntimos detalles de su economía. En el segundo caso, la obra del análisis y de la construcción científica se detiene frente a aquellos elementos que no puede penetrar; en este sentido hay un límite impuesto a nuestros conocimientos científicos, pero podemos estar seguros de que, si alguna vez este límite se levantara, los progresos de nuestros conocimientos científicos serían otra vez progresos en la percepción del orden y de la forma, y que solamente en las relaciones de orden y de forma, encontraríamos la explicación o la razón de esos datos que hoy aceptamos como inexplicables.

Por lo tanto, a pesar de lo que digamos habitualmente, a pesar de que nosotros mismos hemos dicho un poco más arriba que la forma es lo que mejor captamos o conocemos en las cosas, sería más exacto decir que solamente conocemos científicamente, cualquiera sea el objeto de que se trate, el orden y la forma, siendo las ideas que a esos conceptos se ligan, el principio, el medio y el fin de toda explicación científica.

3. Del mismo modo y bajo el imperio de las mismas ideas reguladoras, se organizan no solamente todas las ciencias, sino todas las instituciones humanas. La horda guerrera se convierte en un ejército organizado y disciplinado; el derecho sistemático y científico reemplaza las confusas tradiciones del uso o esas apreciaciones que el sentimiento de justicia sugiere en cada caso particular, y de las que no podemos dar cuenta. Se formula, se regula todo aquello que pueda ser formulado y regulado; se introduce en todas partes un procedimiento, es decir, un método, un orden, una forma; sucede entonces que, a menudo, se da el nombre de formas o de formalidades a aquello que es lo más extenso en la forma, y en este sentido se opone la forma al «fondo»; pero es necesario andar con cuidado. A menudo este mismo fondo es regulado o juzgado según ciertas formas precisas, fijas, determinadas, hasta que se llega a puntos o elementos decisivos que escapan a la determinación de las formas y a la enumeración metódica, y que, en consecuencia, corresponden a esos datos que son impenetrables al análisis científico. Según la naturaleza del asunto y el estado de las instituciones sociales, esos puntos se indican de manera tal, que se otorga mayor o menor amplitud al poder discrecional de la autoridad que decide. El poder de un jefe militar, por ejemplo, será mayor que el de un administrador; el de un administrador o un jurado, mayor que el de un juez propiamente dicho.

4. Hemos encontrado el secreto de la preeminencia y del papel desempeñado por las ciencias matemáticas. Las matemáticas son las ciencias por excelencia, el ejemplar más perfecto de la forma y de la construcción científica; en efecto, esto se comprende fácilmente, puesto que las matemáticas todas apuntan

a las ideas de forma y de orden, y a aquellas que se les unen por los estrechos lazos de parentesco que serán indicados. Las matemáticas puras son ciencias absolutas y eminentemente racionales, porque los principios de los que proceden son verdades de intuición, axiomas de la razón, y el espíritu no experimenta la necesidad de explicarlos, puesto que son claros por sí mismos y se imponen necesariamente.

Las ciencias lógicas están en el mismo caso; se refieren igualmente a las ideas de orden y de forma, considerándolas sobre todo desde el punto de vista de la clasificación. Tratan de modo especial las consecuencias que pueden deducirse de la clasificación de los objetos del razonamiento, para la clasificación de las formas mismas del razonamiento. Descansan sobre principios cuya verdad es intuitiva y necesaria; tienen, por lo tanto el carácter de ciencias racionales en el mismo grado que las matemáticas, pero no llegan a desarrollos tan vastos ni a aplicaciones tan fecundas. Nos estamos refiriendo a la lógica científica, porque en lo que respecta a esos elementos de lógica que todos poseen, como se poseen los primeros elementos de la geometría y del cálculo, sin haber hecho para ello estudios especiales, es claro que son de aplicación continua y más general todavía que las aplicaciones que pueden hacerse naturalmente, sin ningún estudio, de los primeros elementos del cálculo o de la geometría.

Mucho se ha admirado el genio de Aristóteles, quien parece haber creado él solo, por lo menos en el Occidente, un cuerpo de doctrina lógica tal, que el tiempo no desgastó ninguna de sus partes y apenas si les agregó algo; pero es necesario hacer una discriminación. Los elementos de Euclides ofrecen ya un cuerpo de doctrina mucho más vasto que la doctrina aristotélica; y si uno de los predecesores de Euclides hubiese por sí solo, inventado los tres primeros libros, hubiera legado a la posteridad, como Aristóteles, un monumento que el tiempo no debía destruir. Es verdad que el curso de los años hubiese agregado mucho; pero no puede reprocharse al geómetra, ni es un mérito para el lógico, que la lógica se agote tan pronto, mientras que el fondo de las verdades geométricas útiles o, por lo menos, interesantes, sea inagotable.

5. Las matemáticas tienen la característica particular y notable de que en ellas todo se demuestra con el solo razonamiento, sin que haya que acudir a la experiencia y que, sin embargo, todos los resultados obtenidos son susceptibles de ser confirmados por la experiencia, siempre, claro está, dentro de los límites de exactitud que ésta implica. Por ese lado, las matemáticas unen al carácter de ciencias racionales el de

ciencias «positivas», en el sentido que el lenguaje moderno da a esa palabra. Se demuestra en aritmética que el producto de varios factores no se altera cualquiera sea el orden en que se multipliquen dichos factores; nada más sencillo que comprobar en todo su rigor esta proposición general, utilizando tantos ejemplos como se desee, obteniéndose así una confirmación experimental. Se demuestra en geometría que la suma de los tres ángulos de un triángulo equivale a dos ángulos rectos; ésto se puede comprobar midiendo con un transportador los tres ángulos de un triángulo dibujado sobre un papel, o bien midiendo con un grafómetro los tres ángulos de un triángulo trazados sobre un terreno y haciendo luego la suma. La comprobación no será absolutamente rigurosa, porque la medición de una magnitud continua implica siempre pequeños errores; pero multiplicando estas comprobaciones, podremos asegurarnos que las diferencias se producen tan pronto en un sentido, tan pronto en otro, y que tienen todas las características de errores fortuitos. Es también con este método que se establecen las leyes experimentales de la física.

Por el contrario, siendo la jurisprudencia una ciencia racional como las matemáticas, no es por ello una ciencia positiva. Después que los jurisconsultos han establecido que la combinación de determinadas reglas de interpretación jurídica conduce a una solución dada, no se ve qué clase de experiencia podría dar a este resultado del razonamiento una confirmación positiva. La experiencia, que consistiría en demostrar que cuando ha prevalecido la solución contraria se produjeron tales o cuales inconvenientes susceptibles de ser comprobados, es una experiencia de otro género; podría sostenerse o combatirse una solución jurídica en interés de la utilidad pública, pero nunca en interés de la justeza del razonamiento.

La lógica aristotélica, a causa de su naturaleza puramente formal, permite, con las matemáticas, una especie de comprobación experimental. En efecto, probamos por razones teóricas que determinada forma de silogismo no es concluyente, y apoyamos nuestra prueba tomando como ejemplo un silogismo de esa misma forma, cuya inepcia sea evidente, aun para aquellos que no podrían explicar dónde está la incorrección de la forma. Este tipo de comprobación es, sin embargo, muy limitado en comparación con las comprobaciones experimentales posibles en matemáticas, precisamente porque la silogística, como ciencia de aplicación, es muy poco fértil en comparación con aquélla.

6. Por encima de la lógica aristotélica planea otra lógica, mucho más fecunda, que discierne entre la apariencia y la realidad, que reúne las observaciones particulares e induce de

ellas las leyes generales, que agrupa las verdades y los hechos, las observaciones y las leyes según el orden por el cual dan cuenta unas de otras o se explican las unas por las otras. ¿No indica esto suficientemente que esta lógica superior depende como la otra de la gran categoría del orden o de la forma? ¿Qué es la idea de ley en filosofía sino la idea de una forma impuesta, de un orden establecido? Hemos demostrado en otra parte, y tendremos ocasión de recordarlo, que la lógica superior de la que tratamos o, en otros términos, que la crítica filosófica depende de la facultad que tenemos de juzgar la simplicidad relativa de las leyes o de las formas, de la tendencia de nuestro espíritu que busca en lo simple la razón de lo compuesto, aunque alguna vez se equivoque en el uso que hace de este principio regulador. Probamos una idea, una teoría, una hipótesis, examinando si establece, entre los objetos que debe reunir, un orden cuya simplicidad o una forma cuya regularidad satisfaga nuestra razón, ya que nos parece muy probable que una idea, una teoría o una hipótesis falsa, lejos de introducir ese orden simple y regular entre cosas que se nos presentarían a primera vista en desorden y confusión, no harían sino aumentar la confusión y el desorden. En efecto, la idea verdadera tiene relaciones esenciales con las cosas que se trata de unir, y es natural que ella establezca un orden, o bien que nos descubra el orden que la Naturaleza ha puesto. Por el contrario, hasta cierto punto ocurre con las ideas falsas que nos sugieren fantasmas engañadores, lo mismo que con las ideas que el espíritu se forja al azar: sería menester un azar sorprendente y bien poco probable para que dicha idea fuese apta, justamente, para poner un orden regular en cosas que implican tantas disposiciones diferentes, completamente irregulares.

Así es como la especulación filosófica, lo mismo que la lógica propiamente dicha, se relaciona con las ideas de orden y de forma y aun con la especulación matemática. A pesar de esto, entre filosofía y ciencias matemáticas o lógicas, existe una diferencia capital. La demostración propiamente dicha, la prueba categórica, no tiene lugar en filosofía. Hay probabilidades tan elevadas, que no podemos negarnos a regular nuestros juicios y, sobre todo, nuestra conducta según dichas probabilidades sin ofender al sentido común; pero una cosa es ofender al sentido común y otra distinta encontrarse reducidos a la contradicción y al absurdo. Este orden, por ejemplo, por su simplicidad, me admira tanto a mí como a otras personas, pero bien puede no ocurrir lo mismo con el lector; ni quienes estén de acuerdo conmigo, ni yo, tendremos medio alguno para convencerle, ni por silogismos concluyentes, ni por experiencias decisivas. De otro modo, la filosofía sería ciencia y no filosofía.

7. De acuerdo con lo sentado, se concibe fácilmente que en el encadenamiento sistemático de los conocimientos humanos, aquellas especulaciones sobre el orden y la forma, aquellas ciencias que llamamos formales porque el orden y la forma son no solamente su condición, sino el objeto mismo de la construcción científica, deben necesariamente preceder todas las otras; y éstas, a su vez, deben ordenarse de tal modo que pasen en primer término las ciencias que se relacionan más íntimamente, por el conjunto de sus caracteres, con las ciencias que encabezan la serie.

No se trata solamente de introducir determinada disposición en un cuadro enciclopédico, se trata del orden lógico de los estudios. En rigor, se puede estudiar fisiología o medicina sin saber matemáticas ni aún física; sin embargo, todos aconsejarían al médico que estudie antes física o química, y que para este fin adquiera previamente ciertas nociones matemáticas, mientras que se puede profundizar las matemáticas tanto como se desee, sin ocuparse de química o de medicina, y ser un químico muy hábil sin saber absolutamente nada de medicina. La subordinación es, pues, evidente; la naturaleza de las cosas la impone, pero se concilia bastante difícilmente con otra ley de nuestro espíritu, aquella que no quiere que tomemos (usando una expresión familiar) el toro por los cuernos, y que vayamos desde las cosas consideradas como más fáciles a aquellas consideradas como más difíciles. Pero, de hecho, las ciencias llamadas abstractas o exactas (ciencias que en el fondo son exactas solamente por el hecho de aplicarse a objetos mejor definidos y más sencillos) son aquellas cuyo lenguaje, fórmulas y aparato técnico atemorizan a la mayoría; y mientras que nadie vacila en discurrir acerca de agricultura, medicina o política, sin haberse preparado para ello por medio de estudios especiales, se evita y hasta se teme todo aquello que pueda aproximarse a la geometría, a menos de ser ya un poco geómetra. La pereza del espíritu, y quizá su orgullo, se satisfacen con lo aproximado y evitan el terreno en el que no puede admitirse término medio entre el saber y el no saber. De allí un obstáculo considerable a todo trabajo de recuento y de coordinación metódica del conjunto de los conocimientos humanos, o de la tabla de ideas que les sirve de fundamento; porque el orden necesario exige que se comience por aquello que es más abstracto, más árido, menos atrayente para la mayoría de los lectores. Remediaremos como mejor podamos este inconveniente inevitable, sin creer que nos será posible hacerlo desaparecer, ya que deriva de las necesidades del tema. Será necesario que, en este primer libro y en la primera mitad del siguiente, el lector nos conceda el

empleo de términos, ideas, explicaciones y comparaciones tomadas de las ciencias exactas, empleo que será moderado, de manera que, sin preparación especial, un espíritu reflexivo pueda captar el conjunto de nuestras observaciones y las consecuencias que de ellas nos proponemos sacar, con la esperanza de que este trabajo no sea completamente inútil para el progreso de la razón.

Capítulo II

De las ideas de género y de especie, de número y de combinación, y de las teorías lógicas y matemáticas que tienen en ellas su fuente.

8. Entre las ideas que la naturaleza misma de las cosas nos sugiere y que no dependen únicamente de nuestra manera de concebirlas, no hay idea más simple, más clara, más general que la idea de «número». Mundum regunt numeri (*): esta máxima de la antigua sabiduría, confirmada de manera tan brillante por los descubrimientos del genio moderno, basta para mostrar que los números no son creaciones del espíritu humano, porque el espíritu humano no podría pretender, honradamente, erigirse en regulador del mundo.

Pero esta idea de número supone todavía otra idea, porque cuando decimos que el planeta Saturno tiene siete satélites, que una flor de crucíferas tiene cuatro pétalos y seis estambres, que un cubo de galena tiene seis caras, doce aristas y ocho ángulos sólidos (ejemplos todos tomados de la Naturaleza), reconocemos implícitamente que los satélites de un planeta, los pétalos y estambres de una flor, las caras, aristas y ángulos sólidos de un cristal son objetos congéneres, que tienen cada uno su individualidad propia y que, sin embargo, están asociados naturalmente a aquellos otros objetos en cuyo grupo los incluímos, cualquiera sea el grado de semejanza o desemejanza entre los objetos congéneres. Así la idea de número y la idea de asociación o agrupación por «géneros» son dos ideas correlativas, que se implican mutuamente. Una es el punto de partida de las ciencias matemáticas, la otra sirve de base al edificio de la lógica de las escuelas. Este solo punto ya nos explicaría por qué las ciencias matemáticas y lógicas tienen tantas afinidades entre sí.

A primera vista comprendemos por qué los autores de listas de categorías han errado el camino al separar, desde su origen, lo que estaba indisolublemente unido por relaciones naturales.

(*) Los números rigen al mundo.

9. Por otra parte, el carácter especial de la idea matemática se anuncia también desde el principio. Se podría discutir sobre los caracteres que distinguen el género; pretender, por ejemplo, que los pétalos del lirio no son tales pétalos porque hay motivos para admitir que la envoltura floral, a pesar de su brillo, debe ser clasificada como cáliz y no como corola; pero sea cáliz o corola, lo cierto es que, de todos modos, la envoltura floral tendrá seis divisiones bien marcadas; y todos tendrán que estar forzosamente de acuerdo sobre el número de objetos congéneres, si no lo estuvieran sobre la definición del género.

Análogamente se podrá discutir sobre lo que constituye la «unidad» o individualidad del objeto, y a menudo este problema, por pertenecer a aquellos que dependen no ya de la forma sino del fondo de las cosas, quedará fuera del alcance de nuestra inteligencia (2). En todo caso, la solución de la cuestión estaría basada sobre ideas distintas a las que nos ocupan actualmente, y sobre ideas de origen y categorías muy diversas, según la naturaleza de los objetos numerados. Si cuento las caras o los ángulos sólidos de un cristal, la geometría por sí sola, la ciencia pura de las formas, me dará la idea más clara de lo que constituye la individualidad de un cuerpo poliédrico, la unidad de cada cara o cada ángulo sólido; pero tendré que acudir a la física para tratar de deducir de las ideas primeras, sobre las cuales se basan nuestras ciencias físicas actuales, una noción semejante de lo que constituye la individualidad o unidad de un cristal. La individualidad del planeta no es del mismo orden ni de la misma naturaleza que la del cristal; y el brillo de la roca, convertida en guijarro por el frotamiento de las aguas, no tiene una individualidad física, una unidad tal que pueda ser comparada con la del cristal, ni con la del planeta.

Trátese de la enumeración de los seres organizados y vivos, de los aparatos que los constituyen y de las funciones que desempeñan, de las razas, especies y familias en las que se distribuyen, de los productos a los que comunican, en grado diverso, el soplo de la vida, y entonces un mayor número de velos nos ocultarán el principio de individualidad o unidad, que, en este caso, será bien distinto del principio de unidad o individualidad de un cristal, un sol, un sistema planetario. Si nos elevamos un poco más, encontramos en la personalidad humana un principio de unidad o individualidad que no podría confundirse con lo que constituye la individualidad del vegetal, del zoófito, del animal; y de aquí, el metafísico puede elevarse a la concepción de una unidad trascendente, en cuya contemplación su razón se extraviará o se fortificará, según que el temple de su espíritu

lo encamine hacia el éxtasis místico o hacia la meditación circunspecta.

En consecuencia, la idea de «unidad» así entendida, y en cuanto ella se aplica al conocimiento de lo que las cosas son, profunda e intrínsecamente, es una idea que sufre transformaciones continuas: es muy clara en un principio, luego oscura, y, por último, misteriosa, según la naturaleza de los objetos a los cuales se aplica. No deben, pues, enfrentarse, como lo han hecho tantos autores de categoría, la idea de «unidad» y la idea de «pluralidad» o de «número». En sentido matemático, la unidad no es más que un número como «dos», «tres», «cuatro», etc., y en este sentido, por lo tanto, sentido puramente formal, la idea de unidad es tan clara, tan precisa e invariable como la de cualquier otro número, sin que haya lugar a que se establezca un contraste entre ellas. En el otro sentido, la idea de unidad se encuentra en todas partes, pero siempre transformada y constituyendo, en efecto, tantas ideas diferentes, como diferentes categorías hay para la distribución de los objetos del pensamiento.

10. La idea de número está tan íntimamente unida a la idea de «orden» como a la idea de género. Las lenguas pueden aportarnos pruebas, dándonos, junto a la serie de los nombres de aquellos números que los gramáticos califican de «cardinales», la serie de los nombres de los números «ordinales». No podemos hacer una enumeración sino contando los objetos en un orden determinado, ni fijar un orden sino por medio de una etiqueta numérica o por etiquetas tales como las letras del alfabeto, o las notas de la escala musical, de las cuales ya conocemos el número de orden.

11. Junto a estas ideas de grupo o de género, de número y de orden, viene a colocarse la idea de «combinación» binaria, ternaria, etc. No podemos considerar las combinaciones directamente y en sí mismas (por ejemplo para las aplicaciones del juego, la determinación de las formas del silogismo, la sistematización de la química, etc.) sin que el procedimiento para formar todas las combinaciones, asegurándonos que no omitimos ninguna, implique ya un procedimiento aritmético para calcular el número de esas mismas combinaciones.

Recíprocamente, tanto la aritmética más elemental como la ciencia de los números en lo que ella tiene de más elevado, implican las ideas de orden, de grupo, de combinación, al mismo tiempo que la idea de número. El artificio de la numeración descansa sobre el concepto de grupos ordenados jerárquicamente (decenas, centenas, etc.), es decir, sobre la idea fun-

damental de toda clasificación; en la multiplicación, por ejemplo, para obtener todos los productos parciales, se combinan sucesivamente cada cifra de uno de los factores con cada cifra del otro; más adelante se demuestra que el producto de varios factores es una combinación que no varía con el orden según el cual se colocan los elementos de la combinación, y así sucesivamente.

La «sintáctica», es decir la ciencia de las combinaciones y del orden, se aplica, pues, a la «aritmética», como la aritmética se aplica a la sintáctica, en tanto que aquélla proporciona el modo de calcular, por procedimientos expeditivos, el número de combinaciones posibles: números inmensos, a poco que se eleve el grado de complejidad de las combinaciones y cuyas relaciones, sin embargo, deben conocerse, porque de ellas depende el grado de frecuencia con que aparecen las combinaciones de cada especie, sea en la sucesión de los fenómenos naturales, sea en los objetos que el espíritu humano inventa o dirige. Por eso es que la parte puramente matemática de la ciencia del orden es la que tiene un desarrollo científico más extenso y aplicaciones de mayor interés.

12. Toda distribución por grupos y por clases presupone ciertos caracteres bien marcados que sirven de base para la agrupación o clasificación; así, pues, la clasificación deja de ser posible cuando hay pasaje «continuo» de un carácter a otro. En consecuencia, todo el andamiaje de la lógica propiamente dicha, la clasificación, la definición, la construcción silogística, no puede aplicarse a los objetos sensibles o puramente inteligibles cuyos caracteres o atributos no sean fijos o bien marcados, y que puedan pasar de uno a otro por una multitud indefinida de matices intermediarios. Cada objeto se convierte entonces en «sui generis», como dicen los lógicos, y sobre tales objetos el aparato lógico ya no puede obrar.

Por su parte, los números, en cuanto se aplican a la enumeración o al recuento de objetos individualmente determinados, se distinguen unos de otros de manera perfectamente clara, y ofrecen el tipo más preciso de la «discontinuidad». Tal constelación tendrá 15 estrellas, tal otra 16, sin que haya pasaje o intermediario posible entre el número 15 y el 16. He ahí por qué también se llama a los números «cantidades discretas», denominación poco justa, porque los números, por sí mismos, expresan «quotidades», no «cantidades». Sin embargo, la idea de número, aun aplicada a objetos individualmente determinados y en los cuales no se considera ni la extensión ni la duración, que son cosas continuas por naturaleza, conduce también a la idea de continuidad, como veremos en seguida.

La idea de número lleva a la idea de «relación». La meta de las investigaciones estadísticas, por ejemplo, puede ser el determinar números absolutos y saber, verbigracia, cuántos fallecimientos anuales ocurren en determinada población; pero más generalmente, sobre todo cuando se intenta hacer comparaciones; no se trata tanto de conocer cifras absolutas, sino de hallar la relación entre el número de muertes y la cifra total de población, porque se admite fácilmente que, si todas las demás condiciones permanecen iguales, el número de muertes será doble o triple, para una población doble o triple, y así sucesivamente. Podrá expresarse dicha relación de distintos modos, diciendo, por ejemplo, que hay tres muertes por cien habitantes, o una muerte por treinta y tres habitantes, pero entendiéndose siempre que todas estas expresiones son aproximadas y que esa relación puede tener una infinidad de «valores» diferentes, comprendidos entre tres por ciento y cuatro por ciento, entre uno por treinta y dos, y uno por treinta y tres. Si se multiplican las observaciones, y se opera con cantidades cada vez mayores, concebimos que podrá obtenerse una expresión aritmética cada vez más cercana a esta relación que, quizá, no comporte una expresión aritmética rigurosamente exacta.

Análogamente, se concibe que esta relación puede cambiar de un país a otro, de una época a otra, y cambiar pasando por una infinidad de valores intermedios. Así, pues, esa idea de relación, aun aplicada a números absolutos que no pueden cambiar su valor sino bruscamente, es suficiente para conducirnos a la idea de un cambio continuo en el valor de la relación. De allí el paso de la aritmética de los números «enteros» a la aritmética de los números «fraccionarios» que sirven para expresar las relaciones.

13. También nos llevan a la noción de continuidad y al cálculo de los números fraccionarios la idea de «medida» y la consideración de las magnitudes mensurables. Nada más fácil que encontrar ejemplos de magnitudes mensurables entre las cosas en cuya determinación entran la extensión o la duración; pero por allí podría parecer que subordinamos a las nociones de espacio y de tiempo las teorías de aritmética pura, cuando éstas las exceden en lo que se refiere al grado de abstracción y generalidad. Para evitar este inconveniente, tomemos como ejemplo la idea que tenemos acerca del precio o valor comercial de las cosas. Esta idea no tiene por qué ser aquí objeto de una discusión minuciosa: nos bastará tener en cuenta que la costumbre de intercambiar como equivalentes «quotidades» diferentes de objetos de distinta especie, por ejemplo,

tantos bueyes contra tantas ovejas, tantas gallinas contra tantos huevos, conduce necesariamente a abstraer de la idea de esos objetos diversos, la idea de un valor que les corresponde, y evaluar todos esos objetos, tomando como término de comparación o como unidad arbitraria el valor de uno de ellos, el del buey o el de la oveja, el de la gallina o del huevo. Se podrán variar las fracciones de infinitos modos diferentes, y así tendremos la idea de alguna cosa que puede pasar por todos los estados posibles de magnitud. Según la unidad elegida, la medida de la magnitud será un número entero o fraccionario; este número es lo que denominamos propiamente una «cantidad» (12).

En general, la medida es un procedimiento artificial del espíritu que quiere aplicar los números a la determinación de las magnitudes, y que para ello elige, arbitrariamente, una magnitud de la misma especie como unidad de medida. La razón de este artificio está dada por la constitución del espíritu humano que necesita signos, y signos discontinuos, tales como los que aplicamos para la designación de los números, a fin de expresar todas las cosas, aun aquellas que varían de manera continua, como las magnitudes. Los números dependen de la naturaleza de las cosas, así como las magnitudes; pero la medida o la aplicación de los números a la determinación de las magnitudes no depende más que de los procedimientos del espíritu humano. En la Naturaleza existen «quotidades» tales como el número de las estrellas del firmamento, el de los árboles de un bosque y los granos de arena de una playa; no hay «cantidades», porque la cantidad es el número aplicado artificialmente a la determinación o a la expresión (exacta o aproximada) de una magnitud mensurable. Los autores de tablas y listas de categorías no han hecho estas observaciones, y, sin embargo, vemos que era esencial hacerlas.

14. También suele oponerse en las tablas de categorías la «cualidad» a la «cantidad», el *ποίον* al *ποσόνη*; esto puede hacerse, sin duda alguna, siempre que no se persista en considerar (como parecen haberlo hecho Aristóteles y sus sucesores) la cualidad y la cantidad como predicamentos o categorías del mismo orden. Es necesario, por el contrario, y en beneficio de la exactitud de la idea, entender que la relación entre estas categorías, es la de especie a género, del caso particular (o más bien «singular») al caso general (*).

Efectivamente, esta especie singular de cualidad que llamamos magnitud o cantidad, se presta en sus variaciones continuas a procedimientos regulares de determinación; ninguna otra cualidad, aunque también varíe continuamente, implica dichos procedimientos. Más aún, en el estado actual de nuestros conocimientos, es lícito suponer por lo menos, que la continuidad de toda variación cualitativa tiene su fundamento en la continuidad inherente a las variaciones cuantitativas de las que dependen las variaciones cualitativas.

(*) «Essai sur les Fondements de nos connaissances» del autor. Cap. XIII, principalmente párrafos 197 y siguientes.

15. Tomemos como ejemplo las estrellas del firmamento, y consideremos sus diversas cualidades, que pueden servir de fundamento a otras tantas clasificaciones. En primer lugar, lo que llamamos impropiamente su «magnitud», es decir, su «brillo», no es, hablando con propiedad, una magnitud y no implica una medida directa. Sin embargo, es verdad que el brillo varía con la distancia, y por allí depende ya de una magnitud mensurable. Esta causa de la variación del brillo no es la única, y bien seguros estamos de que todas las estrellas, vistas desde la misma distancia, no tendrían para nosotros el mismo brillo; porque son otros tantos soles que no pueden tener las mismas dimensiones y que, a dimensiones iguales, no emitirían ni la misma especie de luz, ni con igual abundancia. Pero la cantidad de luz, cuando se trata de luces homogéneas, es algo mensurable en sí y mensurable para nosotros. Podemos comprobar que la luz de una vela equivale, por su resplandor, a la de dos, tres, cuatro velas de igual naturaleza, y si tratamos de penetrar en las causas físicas del fenómeno de la luz, encontraremos en las razones matemáticas, es decir, en las relaciones entre magnitudes, una explicación satisfactoria de las variaciones del brillo o intensidad luminosa.

Ya no ocurre exactamente lo mismo cuando se trata de comparar luces heterogéneas o rayos luminosos de colores diferentes. El rayo amarillo que, en el espectro solar, se coloca entre el rayo verde y el anaranjado, tiene más brillo que uno y otro; es ésta una cualidad que depende, aparentemente, de cierta relación entre la constitución física de los rayos y el modo de sensibilidad de nuestra retina, y no comprendemos, en un primer momento, cómo puede intervenir aquí la medida. Pero sabemos muy bien que el color del rayo está ligado a su refrangibilidad o al tamaño del ángulo que mide su desviación cuando atraviesa el prisma; además, una óptica más adelantada nos enseña que el color está también ligado a esos números de una pequeñez prodigiosa, por los cuales medimos las longitudes de lo que Newton llamó en su sistema, los «accesos» de luz, o lo que actualmente llamamos «ondas luminosas». De todos modos, esa cualidad de las estrellas que consiste en su brillo, se encontrará ligada a magnitudes mensurables y podrá ser

fijada, determinada, con la ayuda de los números que las miden.

En consecuencia, tendremos que decir lo mismo de esa otra cualidad de las estrellas que llamamos color, y que igualmente puede servir para su clasificación; hay, en efecto, estrellas decididamente rojas, verdes, amarillas, y otras, que ofrecen una multitud infinita de matices intermedios; pero todos estos matices pueden ser definidos por la ligazón, por lo menos empírica, con cosas mensurables. Y tenemos muy buenas razones para creer que una teoría completa nos mostraría cómo todas esas variaciones, en una cualidad que llamamos color, están determinadas, en efecto, por cierta variación de las magnitudes mensurables.

Nada más rebelde, por cierto, a toda medición directa que esa afección de los seres sensibles que llamamos dolor; sería ridículo decir que el dolor que causa un ataque de gota es doble o es la mitad del dolor causado por una muela enferma. Sin embargo el fisiólogo juzga por el grosor de los cordones nerviosos y la abundancia de sus ramificaciones la sensibilidad del aparato en el que dichas ramificaciones penetran, y la intensidad del dolor causado por los retortijones de los nervios.

Poco falta para que crea que la explicación de los diversos modos de la sensibilidad se encontraría en las variaciones estructurales de las diversas partes del sistema nervioso, si pudiéramos llegar a conocerlo íntimamente.

Según las circunstancias, una variación cuantitativa puede ser concebida como el principio o como la consecuencia de una variación de cualidad; pero en uno y otro caso, el espíritu humano tiende, en lo que de él depende, a reducir a variación de cantidad (para la que tiene procedimientos regulares de determinación y expresión) toda variación cualitativa de las cosas (*).

16. Las ideas de magnitud y medida son tan simples, dan lugar a construcciones científicas tan regulares, que parecen dominar todas las matemáticas, y así, las matemáticas se definen comúnmente como la ciencia o las ciencias que tienen por objeto la medida de las magnitudes. Esta definición, sin embargo, dista mucho de la exactitud. La aritmética superior, que estudia las propiedades de los números en sí mismos, nada o casi nada tiene en común con la idea de magnitud o de cantidad. Análogamente, las figuras geométricas ofrecen muchas propiedades que dependen de la situación y del orden y con las cuales podría edificarse un cuerpo de doctrina, aun cuando no se tuviera ninguna idea sobre la aplicación de los números a

(*) «Essai»... Nº 199.

la medida de las magnitudes geométricas. La teoría de los números, la teoría de las figuras geométricas, la teoría de las magnitudes, forman tres cuerpos de doctrina que tienen relaciones múltiples entre sí, que se aplican mutuamente uno a otro, pero cada uno de los cuales procede de ideas fundamentales distintas, aunque estrechamente relacionadas. La teoría de las magnitudes es, de las tres mencionadas, la que trae consigo un desarrollo más regular, más uniforme, más metódico (*); y, en consecuencia, la mayor parte de los geómetras se ha esforzado en subordinar las otras dos teorías a esta última, procurando demostrar y encontrar, por el empleo regular y sistemático de magnitudes auxiliares, lo que, en rigor, podría concebirse, demostrarse y encontrarse, independientemente de las nociones de magnitud y medida. En cuanto a la utilidad de las matemáticas y su aplicación, ya a la filosofía natural, ya a la práctica de las artes, acabamos de ver que se deben enteramente al poder del cálculo, en cuanto éste se aplica a magnitudes mensurables, y, en ese sentido por lo menos, la definición que se da comúnmente de las matemáticas se encuentra plenamente justificada.

Nos limitamos aquí a estas apreciaciones rápidas sobre puntos que hemos tratado ya en otra parte y que no es necesario desarrollar más ampliamente para cumplir con el objeto de nuestras investigaciones presentes.

(*) ¿Deséase un ejemplo más sencillo? La división, desde el punto de vista de la aritmética pura, de la teoría de los números, es una operación que tiene buen éxito o no, en cierto modo accidentalmente, o más bien según leyes ocultas y singulares, que descubrimos penosamente y que nos cuesta más aún sistematizar. Desde el punto de vista de la teoría de las magnitudes, la división siempre se logra, y todo problema que puede reducirse a una división es un problema que puede considerarse resuelto.

Capítulo III

Del paso del orden puramente inteligible al orden fenoménico. De las ideas de tiempo y espacio. De las ideas o intuiciones primitivas en geometría.

17. Las ideas de orden, clasificación, combinación, número y todas las que de ellas dependen según lo que hemos expuesto en los dos capítulos precedentes, no implican necesariamente ni la idea de sucesión en el tiempo, ni la de localización en el espacio. Cuando asocio en mi pensamiento los términos y las proposiciones de un silogismo, cuando comparo números entre sí y deduzco de esta comparación sus propiedades características, las ideas actualmente presentes en mi espíritu no se coordinan las unas en este rincón de mi cerebro, y las otras allá, ni aparecen sucesivamente en momentos distintos. El investigador empeñado en sistematizar una ciencia, en clasificar tipos y especies, abarca a la vez un conjunto de ideas y de relaciones y todos sus esfuerzos van encaminados a encontrar la expresión adecuada para dicho conjunto, expresión que pertenece al orden de lo inteligible, al mundo de las ideas que no cambian según el lugar y el tiempo.

En verdad, puede ocurrir que yo necesite imágenes para captar o fijar cómodamente esas ideas, y que las imágenes externas o sensibles que utilizo para dicho fin, al mismo tiempo que las imágenes internas grabadas en mi cerebro por no sé qué misterioso artificio de la Naturaleza, existan, éstas en tal punto del espacio, aquéllas en tal otro, separadas si se quiere por intervalos tan pequeños que escapan a nuestros sentidos. También puede ocurrir que mi cerebro experimente la necesidad de intercalar intervalos de duración, tan pequeños como se los quiera suponer, entre los actos por los cuales produce, segrega o elabora tales imágenes, pero, ¿qué probamos con esto? Que el hombre es un ser cuyo organismo, cuya vida, cuyas funciones como ser organizado y vivo pertenecen al mundo de los fenómenos, y se cumplen bajo las condiciones del tiempo y del espacio. Pero todas estas condiciones fenoménicas y orgánicas de la concep-

ción de la idea, no tienen influencia alguna sobre la naturaleza esencial de la idea concebida. ¿Qué importa que yo necesite más tiempo y trabajo para comprender un teorema, que Newton para descubrirlo? Una vez que poseo una idea, esta idea es en mi inteligencia, lo que era en la inteligencia de Newton. Saunderson, que era ciego de nacimiento, y para quien no existían las imágenes que generalmente nos ayudan en el estudio de la geometría, tenía, sin embargo, exactamente la misma idea que los otros geómetras acerca del sistema de las verdades geométricas, y no sería absolutamente imposible que algún ciego de nacimiento aportara la misma seguridad crítica al perfeccionamiento del sistema de clasificación botánica que de Candolle, Jussieu o Linneo.

Las cosas fenoménicas y sensibles son las que nos llevan a nosotros, seres humanos, al concepto de cosa inteligible. No podemos argumentar con aquellos que sostendrían que la misma condición se impone a todos los seres capaces de inteligencia: además, ¿qué importa? De todos modos, lo que queda claro es que las cosas inteligibles, consideradas en sí mismas, preceden, exceden, rigen, las cosas fenoménicas y sensibles. Porque 1º) permanecen idénticamente iguales a sí mismas, en su pureza inalterable, en su inmutabilidad perfecta, cualquiera sea el andamiaje fenoménico y sensible del que nos valgamos para llegar hasta ellas; 2º) no encuentran su explicación, su razón de ser en los fenómenos sensibles, sino que por el contrario es a ellas a quienes debemos recurrir para encontrar la razón o para adquirir la inteligencia de los fenómenos. Y esta doctrina (observación digna de ser tenida en cuenta) nada tiene de arbitraria, personal o peculiar de determinada manera de filosofar: se justifica por la marcha de las ciencias, por su desarrollo progresivo y el modo de su aplicación. Aristóteles pudo concebir su teoría del silogismo, y Euclides sus elementos de geometría, sin tener que esperar que las ciencias físicas y naturales que se refieren a cosas fenoménicas y sensibles, hubiesen recibido ni siquiera un comienzo de organización. Todos los días aplicamos las matemáticas a la física, mientras que no vemos que se aplique la física a las matemáticas (7).

18. A su vez las ideas, o para hablar más correctamente, las formas del tiempo y del espacio, gobiernan, rigen todo lo que ocurre en la esfera de las cosas fenoménicas y sensibles. No son, como quiso Kant, condiciones impuestas solamente a nuestro entendimiento, formas inherentes a la constitución del espíritu humano y no a las cosas exteriores que percibimos. Resultaría demasiado extraño, en verdad, que el vidrio puesto ante nuestros ojos y que debería deformarlo todo a expensas de la regularidad,

de la simplicidad de las leyes y de las relaciones que percibimos en el mundo exterior, introdujera, mediante una engañosa apariencia, la regularidad y la simplicidad que creemos comprobar y que, de hecho, no existiría (6).

El espacio, ha dicho Leibnitz, es el orden de las cosas que coexisten; el tiempo es el orden de las existencias sucesivas. Tentativa vana de un gran espíritu para expresar lo indecible, para definir lo que escapa a toda definición, y de la que sólo podemos retener el exacto acercamiento entre dos ideas fundamentales y una tercera idea más fundamental aun, a la que las primeras se unen inmediatamente con una sorprendente analogía, en cuanto pasamos de la esfera de las cosas puramente inteligibles a la esfera de las cosas fenoménicas y sensibles. ¿Cómo podríamos dar, con la definición de Leibnitz, la idea de espacio a un ser que, privado de los sentidos del tacto y de la vista, conservara la facultad de combinar y expresar las ideas, de tener sensaciones internas y de compararlas, y que, con una sensibilidad así mutilada, podría tener, sin embargo, exactamente la misma idea que nosotros, del tiempo y de la duración? Con esta misma definición, ¿cómo podríamos rectificar o completar la idea de una extensión de dos dimensiones solamente, tal como podría tenerla un ser dotado del sentido de la vista y no del tacto, ni de la locomoción, y que referiría todos los objetos externos a la superficie de la envoltura esférica de un rayo indefinido, como nosotros referimos las estrellas a lo que llamamos la bóveda celeste? Aquí, ninguna definición puede reemplazar el dato intuitivo al que, en realidad, nada efectivo agrega. Además, la definición peca porque las ideas, los objetos inteligibles, coexisten a su manera, sin coexistir por eso en el espacio. En cuanto a la definición de Leibnitz del tiempo, peca por tautológica, ya que la idea de sucesión, y en consecuencia la de existencias sucesivas, implica o presupone la idea de tiempo.

19. Las ideas de tiempo y espacio tienen entre sí una analogía tan íntima y tan generalmente sentida, que adquieren una expresión en todos los idiomas, y que los metafísicos de todas las escuelas se han complacido en hacer resaltar. En otro trabajo nuestro (*), hemos dedicado un capítulo entero a comparar estas dos ideas fundamentales en todas sus fases, y deseamos evitar las repeticiones siempre que sea posible; y, por otra parte, trayendo aquí este eterno tema de especulación y discusión para los filósofos, sería necesario, de acuerdo con el plan del presente trabajo, descartar todo lo que en sus sistemas apunta a la especulación ontológica, basada en la noción de substancia, que

(*) «Essai»... Cap. X.

pertenece a un orden de ideas distintas que no debemos abordar todavía, porque colocaríamos lo compuesto antes que lo simple, lo derivado antes que lo primitivo, lo oscuro y vago antes que lo claro y preciso.

Esto es lo que hacían los metafísicos de las viejas escuelas, al discutir en qué grado y según qué modo el tiempo y el espacio participan de la sustancialidad, ya que nada es más claro y más inmediato que las nociones de tiempo y espacio y nada más problemático que la de sustancia. Las ideas de tiempo y espacio sirven de base a toda explicación científica, introducen orden y claridad en todas partes, mientras que la noción de sustancia embrolla todo. La vieja metafísica, de la que quisiéramos alejarnos, cometió aquí el mismo error de siempre: no tuvo en cuenta la marcha de las ciencias y el método de comprobación que nos proporciona para fijar el orden y valor de nuestras ideas.

20. Quien dice analogía no dice simetría perfecta; y desde el punto de vista racional, la idea de tiempo precede y domina la de espacio, ya que concebimos que pueda cercenarse en un ser inteligente todos los órganos, todas las facultades animales mediante las cuales le era posible adquirir la idea de espacio, y le queda todavía la conciencia y la memoria de sus afectos y de sus actos sucesivos y, por lo tanto, las ideas de duración y de tiempo. Cuando nuestra imaginación, nuestro corazón, nuestro sentido moral reclaman para la personalidad humana una prolongación de la existencia en un mundo sobrenatural e invisible, más allá de la tumba, nuestra razón aparta fácilmente de esta misteriosa idea de una vida en el más allá (y lo hace tanto más voluntariamente cuanto más viril sea nuestra razón) todo lo que se refiere a una localización en el espacio y en el mundo externo, que nuestros sentidos penetran, y donde se cumplen los fenómenos físicos; sin embargo, no podría dejar de asociar a este concepto las nociones de tiempo y duración, a menos de destruirlo, de hacerlo incomprensible e ineficaz.

No nos elevemos hasta esas regiones misteriosas y observemos el fenómeno psicológico en su origen. La idea de espacio sólo se adquiere por el movimiento, por la exploración sucesiva de las partes de la extensión; presupone, pues, intrínsecamente, la idea o conciencia de la duración, por oscura o rudimentaria que ésta pueda permanecer, en virtud del plan de la organización animal. En consecuencia, cuando desarrollamos el sistema de nuestras ideas, la idea de tiempo vendrá a intercalarse necesariamente entre los conceptos puramente racionales y aquellos que implican la noción de espacio. El sentido de la duración, si se nos permite la expresión, es un sentido más racional, y desde este punto de vista más fundamental que los sentidos

que nos proporcionan la percepción del espacio. Tendremos que estudiar, particularmente, las interesantes consecuencias de este principio, en el capítulo V del presente libro.

En virtud de este orden racional, será necesario que, de acuerdo con el modo de nuestra sensibilidad (y, por consiguiente, de las propiedades inherentes a la constitución de nuestros sentidos, a la estructura del órgano del pensamiento), la extensión sea para nosotros, objeto de una intuición inmediata, de una representación directa, mientras que necesitamos el artificio de las alusiones y los signos, para que la duración se convierta, por vía indirecta, en objeto de nuestra intuición. Imaginamos la extensión con ayuda de las impresiones sensibles que a ella se asocian naturalmente en el acto de la percepción externa, y no podemos imaginar la duración, si no es atribuyendo a la extensión una virtud representativa de la duración. Alineamos, por así decirlo, los fenómenos sucesivos con el fin de obtener una imagen, y, en consecuencia, una idea del orden de su situación en el tiempo. Los idiomas llevan el sello de esta derivación; expresan primeramente las relaciones en el espacio, y luego, por medio de éstas, las relaciones en el tiempo; «antes» y «postea», que se refieren a la idea de tiempo, tienen por raíces «ante» y «post», que expresan situaciones en el espacio.

De allí que los animales, aun los más cercanos al hombre, no parecen y no pueden tener sino una muy vaga percepción de las relaciones de tiempo, duración y todo lo que a estas nociones atañe; mientras que las innumerables especies animales poseen la percepción del espacio en grados diversos, según la disposición de su organismo, la naturaleza de sus funciones y el lugar que ocupan en la escala zoológica.

Si la noción de espacio, tal como nuestros sentidos nos la da intuitivamente, nos es necesaria para la representación y la clara intuición de la duración, no lo es menos para la fácil concepción de todo lo que atañe a la sintáctica superior; en efecto, ¿cómo podríamos representarnos los distintos grupos, sus asociaciones y relaciones diversas, si la extensión no nos proporcionara los medios necesarios para representar figurativamente y hacer sensibles dichas relaciones? De allí esos árboles genealógicos, esos cuadros sinópticos, tan a menudo empleados en todas las ramas de las ciencias y de la filosofía, y que se multiplican todavía en el manejo de los negocios, medios a veces exactos (*), a menudo imperfectos (**), pero siempre útiles.

(*) Ver sobre todo, en «Lettres à une princesse d'Allemagne», las figuras imaginadas por Euler para la demostración de las reglas de silogismo.

(**) Hemos dado las razones en nuestro «Essai»... Cap. XVI.

21. Las nociones de extensión y duración implican igualmente, con una necesidad evidente, la idea de continuidad. Por una parte, las formas de la extensión tienen el privilegio de fijar esa idea en nuestro espíritu por una imagen sensible; por otra parte, la razón concibe necesariamente que un móvil no puede pasar de una posición a otra sin ocupar sucesivamente todas las posiciones intermediarias cuyo número es ilimitado o infinito: y aunque se destruyera en nuestra inteligencia toda idea de espacio y movimiento, siempre que el concepto de tiempo o de duración persistiera (20), no podríamos concebir el tiempo sino como transcurriendo de una manera continua. No por eso dejamos de admitir (12 y 13) que las ideas de continuidad y discontinuidad tienen, en cierto modo, una generalidad mayor que las ideas de tiempo y espacio, y que la famosa máxima «Natura non facit saltus» encuentra su aplicación aún a propósito de objetos de orden intelectual y moral, para los cuales parecería que no puede determinarse lugar en el espacio ni época en el tiempo (*). Pero, en el orden genealógico de nuestras ideas, es únicamente por la contemplación de las formas de la extensión y de los movimientos en el espacio, que tenemos la imagen o intuición inmediata de la continuidad. Además, aun en el orden de los hechos naturales, no es absurdo admitir que todas las manifestaciones de la ley de continuidad tienen su razón primordial en la continuidad del espacio o del tiempo, aun cuando el estado de nuestros conocimientos no nos permita mostrar claramente la trabazón de los principios y las consecuencias. Las inducciones, los ejemplos que apoyan esta tesis, se asemejarían completamente a los que hemos dado más arriba (14 y 15) para hacer comprender la posibilidad o la verosimilitud de una subordinación de todas las variaciones cualitativas a variaciones cuantitativas.

22. La idea de continuidad se une naturalmente a la idea de infinito, ya que todo paso continuo de un término a otro supone una cantidad de posiciones intermediarias susceptibles de crecer más allá de todo límite, mientras que las diferencias o intervalos entre dos posiciones consecutivas admiten un decrecimiento igualmente ilimitado. Así tenemos, a la vez, la idea de lo infinitamente grande y la de lo infinitamente pequeño, como correlativas una de otra, pero estas mismas ideas pueden también presentarse aisladamente una de otra. Así, por ejemplo, se comprende que un móvil que se mueve en línea recta puede alejarse indefinidamente del punto de partida, mientras que la distancia no excederá ciertos límites, si el móvil des-

(*) «Essai»... Cap. XIII.

cribe una curva cerrada; en este caso, la idea de lo infinitamente grande se presenta sin tener como correlativa la idea de lo infinitamente pequeño.

Por otra parte, a pesar de lo que haya podido decir Pascal, con su energía acostumbrada, el hombre no está igualmente aplastado por estas dos ideas, que no figuran de la misma manera en la concepción y explicación de los fenómenos. Asistimos a cada momento al fenómeno de la generación y del desvanecimiento de las magnitudes continuas por el cual se realiza ante nuestros ojos, en el círculo de nuestras observaciones, la concepción de lo infinitamente pequeño. Así, un cuerpo que sale del reposo comienza por adquirir una velocidad infinitamente pequeña; un cuerpo cuyo movimiento encuentra resistencias tales que lo llevan progresivamente al estado de reposo, acaba por tener una velocidad infinitamente pequeña, mientras que no podemos concebir que haya actualmente, en el mundo, un cuerpo animado por una velocidad infinitamente grande. Todo lo que es infinitamente pequeño escapa a nuestras observaciones, pero no a las condiciones que rigen los fenómenos naturales; todo lo que es infinitamente grande escapa, a la vez, a nuestras observaciones y a las condiciones mismas de la producción de los fenómenos.

Se ha repetido a menudo, erróneamente, que la idea de infinito tiene en matemáticas un valor solamente «negativo»; hubiera sido necesario distinguir, por lo menos, la parte de las matemáticas que trata las nociones puramente abstractas de número y magnitud, de la que implica los conceptos de tiempo y espacio, en cuyo seno se producen los fenómenos. La aritmética me da la idea de infinito, en el sentido que nada limita la serie de los números y que dado un número cualquiera, por grande que sea, siempre podré formar uno mayor agregando una o varias unidades o bien doblándolo, triplicándolo, y así sucesivamente. Esta es solamente una idea negativa si se quiere, ya que es la idea de lo indefinido más bien que la de infinito: aceptado. Pero, cuando concibo la infinitud del tiempo y del espacio, se trata de un infinito actual y necesariamente impuesto a mi razón, y del cual poseo una idea clara, aunque no posea de él una imagen o representación, cosa bien diferente. Si se tratara en cambio del movimiento continuo, que implica la existencia efectiva de una infinidad de posiciones intermediarias, tendría no solamente una idea clara sino, además, una imagen o representación del fenómeno. En otros términos, el tiempo y el espacio pertenecen al mundo de los fenómenos, y es un desatino decir que se desvanecerían si dejáramos de pensar en ellos.

23. Así las nociones de «infinito» y de «unidad» (9) se modifican al pasar de un orden de ideas a otro, de un orden de fenómenos a otro, y el error de la metafísica (común) es hacer de ellas categorías supremas, y atacarlas todas a la vez como si permanecieran inmutables en las diversas etapas de nuestros conocimientos. Hablando rigurosamente, el infinito es más bien el carácter o propiedad de una idea (carácter que se modifica cuando se pasa de una a otra) que una idea. El infinito geométrico ya no es, acabamos de verlo, lo mismo que el infinito aritmético. Si en la solución de un problema de geometría nos encontramos con una recta infinita, esta solución tendrá un sentido muy claro y muy «positivo», indicando, por ejemplo, la «asíntota» de una curva, de la que debemos aceptar, por definición de esa curva, que se prolonga infinitamente en el espacio, y que tiene como carácter positivo el de acercarse sin cesar a la recta que llamamos asíntota, y cuya posición debemos determinar. La prolongación en el infinito de una curva y de su asíntota no puede, en realidad, ser «imaginada», pero sí claramente concebida. Por el contrario, si en la solución de un problema de mecánica caemos sobre una velocidad infinita, tendríamos una prueba de imposibilidad o de absurdo (y en este sentido un resultado puramente negativo), porque una velocidad infinita es fenoménicamente imposible, y, por otra parte, es imposible no sólo imaginarla, sino concebirla. Si salimos del campo de las matemáticas, en el cual un análisis seguro nos conduce a resultados tan diversos, y procuramos (cosa que hacen los metafísicos) aplicar la noción de infinito a las ideas de fuerza, de causa y a otras ideas de orden todavía más elevado, sería necesario hacer, para cada nueva aplicación, una crítica nueva, crítica casi siempre imposible en el estado actual de nuestros conocimientos, y cuya ausencia deja, por consiguiente, campo libre, tanto a los impulsos como a las disgresiones de la imaginación.

24. En cuanto se las considera en su aptitud para proveer los materiales de una ciencia que puede construirse independientemente de toda experiencia, las ideas de tiempo y espacio, a pesar de todas sus analogías, ofrecen una diferencia notable. El espacio tiene tres dimensiones y el tiempo una sola. Son necesarias tres dimensiones (o como dicen los geómetras, tres «coordenadas») para fijar la posición de un punto susceptible de moverse de cualquier manera en el espacio; sólo son necesarias dos, si el punto debe permanecer en una misma superficie, un plano o una esfera, por ejemplo; y bastará una, si consideramos un punto de una línea determinada. Así se fijan las etapas de una ruta, determinándose las distancias a un punto

tomado sobre la ruta que se considera como punto de partida, u «origen» del amojonamiento de la misma. Un punto de la superficie del mar queda determinado cuando damos su longitud y su latitud, pero si dicho punto se eleva por encima de la superficie o queda por debajo de ella, entonces será necesario dar una tercera coordenada, a saber, la altura sobre el nivel del mar, o la profundidad bajo dicho nivel. Por el contrario, para fijar la época de un fenómeno o su posición en el tiempo, es suficiente, como en el caso en que se trataba de fijar el lugar de un punto sobre una línea, determinar una sola dimensión, es decir, el tiempo transcurrido o que transcurrirá entre un instante considerado como «era» u origen del tiempo y el instante del fenómeno. De allí la variedad infinita, sobre todo cuando se abarcan las tres dimensiones del espacio, de las relaciones de tamaño, configuración, situación y orden, objeto de la geometría.

Si suprimimos una de ellas, como en la geometría «plana», se reduce mucho la multiplicidad de esas relaciones. La figura que llamamos «cubo» es, en el espacio tridimensional, análoga al «cuadrado» en geometría plana: la «pirámide triangular» es análoga al triángulo»; pero en el triángulo sólo tenemos que considerar tres lados y tres ángulos, mientras que debemos considerar seis aristas, cuatro ángulos sólidos, cuatro caras y sus inclinaciones unas sobre otras, en la pirámide; en el cubo habrá que considerar seis caras opuestas dos a dos, doce aristas y ocho ángulos sólidos. Una geometría puramente «lineal», donde sólo se considerara una dimensión del espacio, sería una geometría tan reducida que dejaría de merecer el nombre de ciencia. Análogamente, la idea de tiempo que implica una sola dimensión, no podría suministrar elementos suficientes para el desarrollo de una teoría que pudiera constituir una ciencia, mientras no se asocie a los conceptos abstractos de la geometría pura o a otras nociones sugeridas por el estudio experimental del mundo físico.

25. Detengámonos aquí un momento para considerar esta ciencia, cuyo punto de unión a la arquitectura general de nuestras ideas acabamos de indicar. Sabemos que los filósofos oponen con frecuencia (con demasiada frecuencia quizá) las verdades que llaman de intuición, a las verdades establecidas lógicamente. Ahora bien, es la geometría la que nos proporciona ejemplos más claros de lo que debe entenderse por verdades intuitivas, ya que la geometría es la ciencia de las formas que caen bajo la percepción de los sentidos. Volvamos a considerar esos dos axiomas repetidos hasta el cansancio: 1) el todo es mayor que la parte; 2) la recta es la distancia

más corta entre dos puntos. ¿Qué vemos en el primero de ellos? Un principio de lógica general, cuya evidencia resulta de las definiciones mismas del todo y de la parte, y que podría reducirse a esta proposición idéntica: la colección de las partes se forma agregando a una de ellas las otras partes que entran en la colección. Podemos decir que tales principios nos ayudan a resumir o a sistematizar nuestros conocimientos, pero nada podríamos sacar de ellos para el adelanto de nuestros conocimientos. En efecto, suprímase el lenguaje humano, instrumento de nuestra lógica, y estos axiomas se desvanecen por falta de objeto. Así como las definiciones del todo y de la parte son «definiciones de palabras», el axioma señalado es una proposición puramente lógica, verbal o nominal. Es lo que podemos llamar, con Condillac, una identidad o una proposición idéntica.

No ocurre lo mismo con el segundo axioma, y prueba de ello es que un niño, un sordomudo, y aun un animal para el que no existe el lenguaje humano, van de un punto a otro recorriendo la recta que los separa. Tienen, por lo tanto, a su manera, una percepción de la recta, y en virtud de esta percepción sienten que las distancias deben salvarse en línea recta. No es extraño que la intuición o la percepción espontánea de una relación semejante, inherente a la naturaleza de las cosas, lleve a un espíritu que combina y razona al descubrimiento de otras relaciones que carecen de esa evidencia intuitiva.

26. Las escuelas griegas, que fueron fundadoras de la enseñanza de la geometría y dieron al espíritu geométrico las reglas que fueron aceptadas por los modernos y formuladas por Pascal, trataron de reducir en lo posible el número de axiomas; curioso ejercicio lógico, quizá, pero nada más. Si se pudiera demostrar (cosa muy dudosa) que la recta es el camino más corto entre dos puntos, sin invocar ningún axioma nuevo, nada habríamos adelantado en lo que se refiere al progreso ulterior de nuestros conocimientos, y dejaríamos en la sombra un hecho psicológico importante, a saber, que tenemos naturalmente la intuición, la percepción espontánea de esa relación. La determinación exacta de esos datos psicológicos ofrecería un interés mayor que las sutilezas dialécticas de las escuelas antiguas, así como el conocimiento de las leyes de la Naturaleza es más interesante que el de las concepciones artificiales del espíritu humano.

¿Qué medios poseemos para determinar exactamente los objetos para los cuales debemos recurrir a la intuición inmediata? En primer lugar, acude en nuestra ayuda el análisis del lenguaje. Trátese, por ejemplo, de definir «ángulo»: encontraremos solamente definiciones incompletas, falsas, o que implican un círculo vicioso, como si dijéramos que ángulo es la incli-

nación de una línea sobre otra, porque después de haber definido el «ángulo» por la «inclinación», será preciso definir la «inclinación» por el «ángulo». La idea de ángulo como la de recta es, pues, una idea indefinible, «sui generis», que adquirimos por intuición inmediata, y nada puede suplir dicha intuición.

Por el contrario, damos una definición muy buena y muy clara del círculo, diciendo que es una línea cuyos puntos equidistan de un punto interior llamado centro. En verdad, conviene demostrar que podemos satisfacer esa definición con un trazado adecuado, y para ello nada más sencillo que imaginar una recta que gira sobre un plano, teniendo por base uno de sus extremos: el otro extremo describirá una línea que satisfará evidentemente la definición de círculo. La intuición interviene, pues, para completar la definición de círculo, mostrando que existen líneas que pueden satisfacer la definición.

27. También se reconocen los objetos de intuición inmediata cuando, si no los admitimos bajo esa rúbrica, la construcción lógica de la ciencia presenta lagunas que no pueden ser colmadas. Como ejemplo tenemos la teoría de las paralelas. Si decimos que las rectas paralelas son aquellas que, trazadas en un mismo plano, no pueden encontrarse, daremos una definición lógicamente correcta, ya que dicha definición pertenece solamente al objeto definido; sin embargo, esta definición no comprende todo lo que la idea del paralelismo de la recta importa para nosotros. La imposibilidad del encuentro es aquí una característica accesoria, secundaria, ya que las rectas, en cuanto dejan de pertenecer al mismo plano, dejan también de cortarse, sin ser por eso paralelas, y que un haz de rectas paralelas no es necesariamente un haz de rectas comprendidas todas en un mismo plano. Lo que tiene de fundamental la noción del paralelismo de las rectas es la idea de una «identidad de orientación», que implica que una recta cualquiera que corta un haz de paralelas, corta, bajo un mismo ángulo, todas las paralelas que encuentra. Por no admitir este u otro dato equivalente como dato intuitivo es que chocamos con lo que se ha denominado «el desiderátum», «postulatum» o «imperfección» de la teoría de las paralelas, imperfección que tiene un sentido puramente artificial y lógico.

La idea de similitud, es decir, de «semejanza» entre dos figuras que difieren solamente por la escala con la cual han sido construídas, debe también considerarse entre los datos de intuición inmediata. Muéstrese a un niño de tres años el retrato en miniatura de su padre, o el dibujo de un edificio que cae diariamente bajo su mirada, y reconocerá tanto al uno como al otro. No espera para eso que le hayan enseñado geometría

y dada la definición de semejanza a la manera de los geómetras, que exigen, como condición de perfección, que no se introduzca sino lo que es absolutamente necesario por necesidad lógica, mientras que la naturaleza no considera redundancia el asociar en la misma intuición inmediata caracteres tales, que unos pueden ser consecuencia necesarias de otros. Por otra parte, es suficiente tener la idea de la reducción de las figuras y del triángulo en particular, a una escala diferente, para poder deducir el famoso teorema de la suma de los ángulos de un triángulo y, como consecuencia, todas las propiedades de las paralelas. Tal es el encadenamiento de las verdades geométricas, que puede hacerse una cantidad de conversiones de la misma especie, tomando como punto de partida o dato intuitivo tan pronto una idea, tan pronto otra. La Naturaleza ha tenido la generosidad de proporcionarnos, por intuición inmediata, más nociones primeras que las requeridas para satisfacer las exigencias de nuestra lógica.

28. Lo que llamamos una construcción en geometría, es un artificio empleado para combinar los datos de la intuición inmediata con los recursos ordinarios de la lógica, con el fin de iluminar aquellas verdades geométricas cuyo enunciado no es evidente por sí mismo. Los geómetras han seguido para esto dos «maneras» o «métodos» bien diferentes. Uno (el más moderno) consiste en imaginar de una vez por todas una construcción tan general que podamos luego deducir una multitud de relaciones particulares, por la sola fuerza de la lógica y del cálculo, sin que la atención tenga que fijarse sobre los que en geometría representan las magnitudes o cantidades a las cuales el cálculo se aplica. Tal es el objeto de la geometría llamada analítica, que no podía nacer y desarrollarse sino después que el álgebra o el idioma del análisis matemático se hubiese organizado suficientemente. El método más antiguo, que por oposición se ha llamado «sintético», mantiene constantemente despierta la facultad de intuición geométrica, asigna una parte mucho más pequeña a la lógica general, y lo más frecuente es que no pueda acomodarse a la regularidad de sus procesos; exige, por lo tanto, una mayor inventiva, y si la invención resulta feliz, tiene la ventaja de conducir a la meta por el camino más corto, ya que es el que se adapta más directamente al fin especial que se persigue. Recordamos aquí estas nociones porque se relacionan todas, de manera muy directa, con el objeto de este libro, que es el de enumerar o por lo menos indicar las ideas-madres, a las cuales se aplican sucesivamente las reglas de la lógica general para la construcción del sistema de nuestros conocimientos científicos.

Capítulo IV

De la cinemática o de la teoría geométrica de los movimientos considerados en sí mismos, independientes de toda noción acerca de las causas físicas que los producen y la naturaleza de los cuerpos.

29. Cuando asociamos la noción del movimiento a las ideas geométricas, o combinamos con las tres dimensiones espaciales la dimensión única del tiempo (24), vemos surgir de esta asociación la teoría que Lagrange ha llamado, ingeniosamente, una geometría de cuatro dimensiones, cuya fecundidad aumenta con el número de dimensiones o datos fundamentales que se emplean. Poco hemos insistido sobre la economía de la geometría propiamente dicha; pero los desarrollos que proyectamos hacer más adelante, y que encontrarán entonces su justificación, porque son indispensables para salir de la rutina y de la vaguedad de la vieja metafísica, y para iluminar el encadenamiento genealógico de toda la serie de nuestras ideas, no nos permiten limitarnos a generalidades análogas en lo que se refiere a la teoría geométrica de los movimientos. Aquí necesitaremos mayores explicaciones, absteniéndonos, siempre que sea posible, de dar detalles técnicos y fórmulas poco apropiadas para la mayoría de los lectores.

En el fondo, ninguna especulación geométrica es completamente ajena a la idea de movimiento, lo que se relaciona evidentemente con lo que ya hemos observado (20); esto es, que adquirimos la noción de espacio y, en consecuencia, todas las nociones geométricas, explorando, por decirlo así, el espacio y los cuerpos por medio de movimientos instintivos o voluntarios. Podemos muy bien definir la superficie de la esfera diciendo que todos sus puntos equidistan de un punto interior llamado centro, pero en rigor (26) tendríamos que demostrar, todavía, que el objeto así definido es posible. En todo caso, nos representaremos mucho mejor la superficie así definida, si la concebimos descripta por el movimiento de un semicírculo que gira alrededor de su diámetro. Tendremos así una intui-

ción, una imagen, en vez de una definición puramente inteligible, y si queremos construir materialmente una esfera, pondremos en práctica la segunda definición, no la primera.

30. En este ejemplo tan sencillo, como en muchos otros, no necesitamos considerar ni la duración del movimiento ni su velocidad. Puede ser continuo o interrumpido, tener velocidad constante o una velocidad que varía mientras dure el movimiento. En otros casos, cuando la descripción de la figura resulta de varios movimientos combinados, es necesario tener en cuenta, para que la definición resulte completa, las velocidades relativas y la constancia o la ley de variación de las velocidades. Si imaginamos, por ejemplo, una recta vertical que se mueve paralelamente a sí misma, con un movimiento uniforme, describiendo la jaula cilíndrica de una escalera, mintras que un punto móvil recorre uniformemente esta recta o arista de abajo hacia arriba, la curva descripta por el punto móvil, en virtud de estos dos movimientos combinados, y que se conoce con el nombre de «hélice», tendrá un «paso» diferente, según la relación establecida entre la velocidad con que se desplaza circularmente la arista móvil y la velocidad de ascensión del punto móvil a lo largo de la arista; de manera que la hélice no quedará completamente definida hasta que no se haya determinado la relación entre las dos velocidades.

31. Sin embargo, también en este ejemplo las nociones de movimiento, tiempo y velocidad, intervienen solamente de manera auxiliar, para facilitar la definición de una figura que, en rigor, podría definirse de otra manera, y con el fin de estudiar las propiedades puramente geométricas que posee la figura así definida; inversamente, pueden aplicarse las nociones que nos da la geometría, a la teoría del movimiento considerado en sí mismo y por sí mismo. Así, continuando con el mismo ejemplo, supongamos que se haya enrollado un papel sobre un tambor cilíndrico, que se haya trazado la hélice de que hablábamos, y luego que se desenrolle el papel y se extienda en un plano; la hélice se convertirá en una recta OC, diagonal de un «paralelogramo» OACB, uno de cuyos lados, OA, tiene igual longitud que la circunferencia del cilindro, y el otro, AC, es igual al paso de la hélice, o a la altura a que asciende el punto móvil a lo largo de la arista, mientras ésta da la vuelta completa del cilindro. Resultaría extraño considerar todos estos movimientos con el único fin de llegar a la definición de una recta como OC; pero la figura trazada servirá, por el contrario, para establecer un principio muy importante en la teoría del movimiento, si suponemos que, no

ya girando como en el caso anterior sino, sin salir del plano de la figura, una regla OY se desplaza paralelamente a sí misma con un movimiento uniforme, en el sentido OX, de manera que pasa de OB a AC en un segundo, al mismo tiempo que un punto móvil, colocado originariamente en O, se mueve sobre esta regla con movimiento uniforme a lo largo de OY de manera que, en un segundo, describe el espacio OB; ahora bien, resulta por las primeras nociones de la geometría, y casi por la sola intuición, que el punto móvil describirá sobre el plano, con un movimiento uniforme, la diagonal OC del paralelogramo y se encontrará en C, al cabo de un segundo. Esta regla tan sencilla, que necesitábamos enunciar y sobre la que descansa, podemos afirmarlo, toda la teoría del movimiento, es la llamada regla del «paralelogramo de las velocidades».

Por otra parte, si resulta completamente contrario al orden lógico de las ideas, el definir una recta por medio de una hélice, bien podría darse el caso de que, por la facilidad con que puede imprimirse a un cilindro un movimiento rotativo calculado, uniforme, rápido y continuo, el medio más cómodo, más expeditivo y más exacto para trazar rectas sobre un papel por un procedimiento de mayor alcance, y por así decirlo, industrial, sea el de trazar primeramente las hélices, empleando para ello una combinación de movimiento circular y movimiento rectilíneo. Así, una o varias hojas de papel se enrollarán progresivamente sobre un tambor cilíndrico, a cuyo largo se deslizará un lápiz con un movimiento rotativo uniforme, regulado, como el movimiento de rotación del tambor, en forma tal que trazará una hélice que se convertirá, una vez desenrollado el papel, en una recta con la orientación deseada.

32. Para sacar esta conclusión de la disposición de dicho mecanismo no es necesario conocer la naturaleza de las fuerzas que ponen en movimiento el aparato, que hacen girar el tambor o mover el lápiz; bastará con admitir que se ha establecido una relación adecuada entre los dos movimientos. De la misma manera, es necesario que el engranaje de las ruedas y piñones que maneja las dos agujas de un reloj sea construído según determinadas relaciones matemáticas, para que el minutero recorra doce veces el cuadrante, mientras la aguja que marca las horas no lo hace sino una vez; y cuando se hayan establecido esas relaciones para las piezas del engranaje, subsistirá la relación entre los movimientos, cualquiera sea la causa física que ponga en movimiento el aparato: la tracción de un peso, la elasticidad de un resorte o el dedo del relojero. Hay toda una clase de máquinas o aparatos mecánicos, aquellos que los técnicos llaman «máquinas-instrumento». Como el

reloj o nuestra «máquina reguladora» (machine à regler), cuya disposición y funcionamiento estudiamos, teniendo en cuenta solamente el modo como se componen y se transforman los movimientos de las diversas piezas, a fin de producir el efecto deseado y haciendo abstracción de la naturaleza del motor y del consumo de fuerzas que exige la máquina para funcionar. Lo que constituye la perfección de una máquina de este tipo, un cronómetro, por ejemplo, o un telar a la Jacquart, no se asemeja en nada a lo que constituye la perfección de una máquina a vapor o de una bomba, construídas para recoger y consumir, con la mayor economía en esfuerzos mecánicos y resistencias vencidas, las fuerzas naturales puestas a nuestra disposición.

33. Pero no nos interesan aquí estas aplicaciones prácticas, sino el orden según el cual se encadenan nuestras ideas y teorías. No basta con que el lector comprenda por qué se introduce en el cuadro general de nuestras ciencias, una ciencia cuyo puesto está entre la geometría y la mecánica propiamente dicha, ciencia que posee, como la geometría, todas las características de una ciencia abstracta y puramente racional, que no tiene nada que pedir a la experiencia, en lo que se refiere a la constitución de los cuerpos y a los modos físicos de realización del movimiento y que, por otra parte, está ligada a la mecánica, en cuanto tiene por objeto las propiedades necesarias del movimiento, es decir aquellas que no podrían depender de la naturaleza de las causas motrices. Ahora bien, resulta de gran importancia filosófica determinar los caracteres propios de esta ciencia intermediaria, porque ofrece el mejor ejemplo del paso de un orden de ideas a otro, el que más se presta a un análisis exacto. Esta ciencia carecía de denominación hasta que Ampere inventó para ella ese nombre nuevo, «cinemática», que se adoptó en seguida, tan sorprendente era la distinción que expresaba y tan apta para imponer orden, allí donde reinaba antes una gran confusión de ideas. No se trata solamente de la claridad en la exposición didáctica; bien se comprende cuanto interesa a la filosofía de las ciencias, el que no se recurra a ideas o postulados nuevos, sino después de haber examinado a fondo todo lo que pueda legítimamente ser deducido de las ideas y postulados precedentemente admitidos y empleados. Si la idea de fuerza, como toda idea fundamental y primitiva, provoca inevitablemente controversias metafísicas, importa saber hasta dónde puede ir el espíritu en sus deducciones, sin tener que emplear esta idea y abordar dichas controversias.

34. Del mismo modo que la recta y el círculo son los elementos de la geometría propiamente dicha, así los movimientos «rectilíneos» y «circulares» son los elementos de la teoría geométrica del movimiento. Uno y otro pueden ser «continuos» o «alternados», es decir, constantemente dirigidos en el mismo sentido o alternativamente dirigidos en un sentido y en el sentido contrario; de aquí resulta la distinción de cuatro movimientos elementales: «rectilíneo continuo», «rectilíneo alternado», «circular continuo» y «circular alternado», que nuestras máquinas simples, así como los mecanismos más complejos, tienen por función transmitir o transformar, según el fin que se proponga la industria humana. Esta primera clasificación es la base de la cinemática industrial, cuyos desarrollos son ajenos a una obra del carácter de la presente.

El movimiento es llamado «uniforme», cuando el móvil describe siempre espacios iguales en tiempos iguales, por pequeños que supongamos los tiempos y espacios correspondientes. La «velocidad» del movimiento será doble, triple, cuádruple, si el móvil describe en el mismo tiempo espacios dobles, triples o cuádruples. La noción de velocidad es, pues, la noción de una relación entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo. El lenguaje común se ajusta a esta noción común, al decir que tal movimiento se produce con una velocidad de tantos metros o kilómetros por hora, por minuto o por segundo.

Admitamos por un momento (aunque no esté muy de acuerdo con las indicaciones de la física actual), que la velocidad de un móvil pueda, en ciertas épocas, cambiar bruscamente su valor, permaneciendo constante en el lapso que separa dos épocas consecutivas: tendremos otra vez nada más que una sucesión de movimientos uniformes, y no un movimiento variado en el sentido propio de la palabra. Debemos entender por movimiento «variado» aquel en que la velocidad cambia sin cesar, y el movimiento se acelera o retarda en cada momento, de una manera continua. Un ejemplo gráfico de aceleración continua nos es proporcionado por el fenómeno de la caída de los cuerpos. Todos tenemos la impresión (es decir, una idea vaga por falta de definición precisa) de una velocidad que cambia así sin cesar, continuamente: pero entonces, ¿cuál es la definición matemática, o la medida de la velocidad del móvil en cada instante? Supongamos que el móvil parta del reposo para tomar un movimiento que se acelera sin cesar, y que al cabo de un segundo haya recorrido un espacio de cinco metros: resulta claro que primero ha tenido una velocidad menor, y luego una mayor que la de cinco metros por segundo; esta velocidad de cinco metros por segundo no es más que el término medio entre todos los infinitos valores que tuvo la

velocidad en el intervalo de un segundo. Dividamos este intervalo en décimos de segundo; durante cada uno de ellos la velociad habrá variado mucho menos. Supongamos que en unos de esos nuevos intervalos, el móvil recorrió tres decímetros; se cometerá entonces un error mucho más pequeño, admitiendo que la velocidad no varió sensiblemente durante este intervalo, y que así, durante ese décimo de segundo, la velocidad fué de tres decímetros por décimo de segundo o de tres metros por segundo. En consecuencia, para atenuar indefinidamente el error cometido, no habrá más que dividir el intervalo de un segundo, no ya en décimos, sino en centésimos o milésimos de segundo y así sucesivamente. Las matemáticas ofrecen los procedimientos para efectuar esta operación y para alcanzar directamente, en una multitud de casos susceptibles de definición matemática, el límite hacia el cual tendemos por la atenuación indefinida de los errores cometidos. Tendremos que recordarlo en uno de los capítulos siguientes, al indicar la idea fundamental del cálculo infinitesimal.

35. Dos segmentos de recta cualesquiera de la misma longitud, o dos arcos cualesquiera de igual longitud, tomados sobre círculos de rayos iguales, son líneas que coinciden perfectamente si se superponen una sobre otra (lo que puede expresarse diciendo que la recta y el círculo tienen un curso perfectamente uniforme); de aquí se sigue que la noción de la uniformidad del movimiento se aplica tanto al movimiento circular como al movimiento rectilíneo, al movimiento de «rotación» como al de «traslación» en línea recta. Por otra parte, no hay más líneas que la recta y el círculo, cuyo curso sea uniforme en el sentido que acabamos de explicar; en consecuencia, la noción de uniformidad sólo se aplica a los movimientos rectilíneo y circular y se aplica de la misma manera para ambas clases de movimientos, por lo menos, mientras no salgamos de una teoría puramente geométrica del movimiento. Más adelante, la física nos enseñará que existe una diferencia esencial entre las condiciones del movimiento rectilíneo uniforme y las del movimiento circular uniforme, pero eso será solamente cuando se tenga en cuenta la naturaleza de las fuerzas motrices y las propiedades de la materia.

36. Un mismo móvil puede estar animado por varios movimientos distintos a la vez. El pasajero que va y viene sobre una embarcación, participa al mismo tiempo en todos los movimientos del barco; en su movimiento progresivo, cuya huella queda en la estela, en sus movimientos de balanceo y cabeceo. A su vez la embarcación, y por consiguiente el pasajero, participan

en el movimiento de rotación de la tierra y en su movimiento elíptico alrededor del sol. Por último la tierra, y en consecuencia el barco y el pasajero participan en los movimientos que arrastran al sol y a todo el sistema solar a través de los espacios celestes. Nada limita necesariamente, ni en un sentido ni en otro, esta serie de movimientos subordinados unos a otros, ya que el pasajero que va y viene sobre el barco es un ser organizado, en cuya estructura se distinguen partes sólidas y partes líquidas que también poseen sus movimientos propios, al mismo tiempo que participan en los movimientos comunes al ser organizado considerado en su conjunto.

Cuando los diversos movimientos que animan un móvil están dirigidos todos según la misma recta, se ve inmediatamente que se suman unos a otros, o que se restan unos de otros, según tengan el mismo sentido o un sentido directamente opuesto. Así, por ejemplo, si un barco se mueve con una velocidad uniforme a lo largo de un canal rectilíneo y un pasajero camina sobre su puente con una velocidad uniforme siguiendo el eje del barco, y en el mismo sentido en que éste avanza, está claro que, tomando como puntos de referencia la línea de árboles que bordean el canal, el movimiento «absoluto» del pasajero será también un movimiento rectilíneo y uniforme, cuya velocidad será igual a la suma de las dos velocidades, una propia del pasajero y que es su velocidad «relativa» al cuerpo del barco, la otra que le es «común» con el sistema formado por el cuerpo de la embarcación y todos los objetos que ésta transporta. En vez de una adición, tendríamos una sustracción, si los dos movimientos se dirigieran en sentido diametralmente opuesto.

Se comprende también, sin mayores dificultades, cómo los movimientos circulares alrededor de un mismo eje de rotación, pueden agregarse unos a otros o restarse unos de otros. Así, un viajero que camina a lo largo de un paralelo, gira, en realidad, alrededor del eje terrestre, mientras participa en el movimiento de rotación alrededor de dicho eje, común a todos los objetos terrestres; esos dos movimientos se suman o se restan según que el viajero describa el paralelo yendo de occidente a oriente o de oriente a occidente. En consecuencia, cabe distinguir tanto para los movimientos de rotación como para los rectilíneos, movimientos absolutos y movimientos relativos, esto es, movimientos «propios» y movimientos comunes o «de arrastre».

37. La distinción entre movimiento absoluto y relativo se presenta, no solamente a propósito de la coexistencia en un mismo móvil, de un movimiento propio y de uno de arrastre, sino también cuando hay varios móviles cuyos movimientos son independientes unos de otros. Este caso se da, por ejemplo, cuando

varios trenes se mueven sobre rieles paralelos de una misma vía férrea y que pasan unos frente a otros. La velocidad con la que parece pasar el tren Nº 2, observado desde el tren Nº 1, no es su velocidad absoluta, sino su velocidad relativa, que es igual a la diferencia entre las velocidades absolutas de ambos trenes, si los dos van en el mismo sentido, o a su suma, si van dirigidos en sentidos contrarios.

38. Si se tratara del movimiento absoluto de un móvil animado a la vez por dos movimientos rectilíneos uniformes, que no tienen la misma dirección u orientación en el espacio, sería el caso de aplicar la regla del paralelogramo de las velocidades que ya hemos dado a conocer (31). Así, el punto móvil *m*, al que imprimimos o comunicamos simultáneamente por cualquier medio, dos movimientos rectilíneos uniformes, uno dirigido en sentido mA, otro en sentido mB, y cuyas velocidades están en relación con las longitudes mA y mB, describirá la línea mC que es la diagonal del paralelogramo mACB; y la relación entre esta velocidad «resultante» y cada una de las dos velocidades «componentes», es la misma que la relación entre la longitud de la diagonal y la del lado correspondiente del paralelogramo.

En las aplicaciones de esta regla, a veces se darán los movimientos mA, mB y habrá que determinar el movimiento mC que tomará el móvil: es lo que se llama la composición de los movimientos; otras veces ocurrirá a la inversa, el movimiento resultante mC estará determinado y se tratará de saber mediante qué combinación de movimientos componentes podremos producirlo: es lo que llamamos la descomposición de los movimientos. La solución del primer problema es única y determinada; el segundo implica, evidentemente, para mayor comodidad de los mecánicos, una finalidad de soluciones diferentes, ya que es posible construir infinitos paralelogramos que tengan como diagonal común la línea mC.

Agreguemos que la regla para la composición de dos movimientos se extiende sin dificultades a la composición de un número cualquiera de movimientos concurrentes. Agreguemos todavía, que los movimientos circulares o de rotación se componen y se descomponen según una regla análoga a la que acabamos de indicar para la composición y descomposición de movimientos rectilíneos.

Esta analogía, que sería inútil desarrollar aquí, constituye uno de los puntos más curiosos e importantes de la teoría geométrica del movimiento.

39. Si consideramos un punto móvil animado por varias velocidades, propias o de arrastre, tendremos que reparar en un caso

singular: aquel en el que todas sus velocidades se compensaran; en este caso, la velocidad resultante sería nula y el móvil permanecería en estado de reposo en el espacio absoluto, o en relación con los puntos de referencia que consideramos como absolutamente fijos. Es lo que sucedería, por ejemplo, con un móvil que, puesto sobre una esfera, participara en su movimiento uniforme de rotación, y al mismo tiempo recorriera en un plano perpendicular al eje de rotación, un pequeño círculo de esta esfera, de tal manera que llegara a adquirir una velocidad propia precisamente igual y de sentido contrario a aquella que tiene en virtud del movimiento común. La igualdad de los dos movimientos de la luna, el de rotación sobre sí misma y el de traslación alrededor de la tierra, por la cual siempre nos presenta un mismo hemisferio y nos esconde el otro, puede ejemplificar dicha coincidencia (muy singular, por cierto), en el orden de los fenómenos naturales.

40. Por otra parte, este caso singular da la clave de la solución de todos los problemas que podamos proponernos sobre la composición de los movimientos en el caso más general. En efecto, cualquiera sea el movimiento resultante que el móvil debe seguir por la combinación o composición de todos los movimientos que actúan efectivamente sobre él, cinco por ejemplo, resulta claro que la manera de reducirlo al reposo en el espacio absoluto, sería agregarle un sexto movimiento precisamente igual y contrario al movimiento de los cinco anteriores. Pero suponemos conocer las relaciones matemáticas que deben subsistir entre los seis movimientos, para que se destruyan unos a otros y como los cinco primeros movimientos nos son dados, extraemos de estas relaciones la manera de calcular la intensidad y dirección de ese sexto movimiento. Luego no tenemos más que invertir la dirección, conservando la misma intensidad, para determinar el movimiento resultante, producido por la combinación de los cinco movimientos dados. Pronto veremos, en el segundo capítulo del libro siguiente, las curiosas consecuencias, matemáticas y filosóficas que pueden deducirse de esta observación.

CAPÍTULO V

De las ideas de ley o sucesión regular, de lo esencial y de lo accidental; del orden y de la clasificación racionales en oposición al orden y a la clasificación lógica. De la idea de tipo.

41. No podríamos tener la idea de un orden de sucesión, ni en especial de un movimiento o cambio cualquiera que se cumpla en el tiempo, sin que esta idea lleve aparejada la de una «ley» en la sucesión, en el movimiento o el cambio, cualquiera sea éste. Si decimos que una elipse es una curva tal, que la suma de las distancias a los dos focos es constante para cada punto, estaremos haciendo geometría pura, dando una definición geométrica y nada más; pero si decimos que un punto se mueve en un plano, de modo que la suma de sus distancias a dos puntos fijos permanece constante, damos en seguida la idea de una ley que rige el movimiento del punto móvil, expresamos la ley de descripción o de generación de la curva. Ahora bien, ¿quién no comprende que aquí, las palabras «descripción», «generación» y otras semejantes, no son más que términos empleados para dar la idea de movimiento?

Lo mismo ocurrirá cualquiera sea la naturaleza del orden de sucesión, o de la especie de la «serie» que consideremos. Tomemos un ejemplo de aritmética pura, y supongamos que se trate de convertir la fracción 1/7 en fracción decimal: como sabemos, puede obtenerse una conversión exacta, pero tendremos un valor decimal tanto más aproximado a 1/7, cuanto más lejos llevemos el cálculo, y las cifras decimales se reproducirán en serie, por períodos de seis cifras, de la manera siguiente:

0,142857 142857...

de modo que bastará con calcular las seis primeras cifras para poder escribir todas las demás sin nuevos cálculos. He aquí un caso que nos da idea clara de una ley u «orden regular» en la sucesión de las cifras, aunque esta sucesión no supone un movimiento propiamente dicho. La ley de la serie o regularidad en la sucesión de las cifras depende aquí de la naturaleza de nues-

tra numeración decimal y de las propiedades de dos números 10 y 7, uno de los cuales sirve de base a esta numeración y el otro es el «denominador» de la fracción que se trata de convertir en decimales. En los cálculos que no exigen gran precisión, se admite, con Arquímedes, que la longitud de una circunferencia de círculo es igual a tres veces el diámetro más una séptima parte del mismo. Si esta hipótesis fuese exacta, la relación de la circunferencia y el diámetro, en decimales, daría la serie de cifras

3,142857 142857 142...

de la que podríamos decir lo mismo que hemos dicho de la precedente. Pero no es éste el caso, y cuando empleamos las fórmulas de los geómetras para avaluar en decimales (no exactamente, cosa imposible, sino con una aproximación cada vez mayor), la relación entre la circunferencia de un círculo y su diámetro, encontramos la serie

3,14159265358979323846264338327950...

que algunos calculadores han tenido la paciencia de continuar más lejos, pero que no presentaría ninguna regularidad por mucho que se prosiguiera el cálculo.

Así, pues, esta serie no sería adecuada para darnos la idea de ley, a pesar de que el lugar de cada cifra esté indudablemente determinado por razones matemáticas. Esta serie nos daría solamente la idea de un «hecho» que pertenecería, es verdad, al orden de los hechos puramente inteligibles, racionales y necesarios.

42. Acabamos de observar una ley y de buscar su «razón». Basta con haber estudiado un poco alguna ciencia tal como aritmética o geometría que tienen por objeto verdades eternas y necesarias, para captar la idea de la subordinación racional, o de un orden según el cual se encadenan las cosas en tanto que una es el principio o la razón de la otra. No hay que confundir el orden «racional» con el orden «lógico», a pesar que una de estas palabras tenga la misma raíz en griego que la otra en latín. El orden racional se refiere a las cosas, consideradas en sí mismas; el orden lógico, a la construcción de las proposiciones, a las formas y al orden del lenguaje que es, para nosotros, el instrumento del pensamiento y el medio de manifestarlo. Distinguimos muy bien, entre las diferentes demostraciones que podemos dar de un mismo teorema, todas irreprochables desde el punto de vista lógico y rigurosamente concluyente, aquella que da la verdadera razón del teorema demostrado, es decir, aquella que sigue en el encadenamiento lógico de las proposiciones, el orden según el cual se engendran las verdades correspondientes, en cuanto una es razón de la otra. En consecuencia, diremos que una demostración es indirecta, cuando invierte el orden racional, es decir cuando el espíritu considera que la verdad, obtenida a título de consecuencia en la deducción lógica, encierra la razón de las verdades que le sirven de premisas lógicas (*).

43. Es necesario aclarar todavía, por medio de la idea fundamental de la razón de las cosas y de su encadenamiento racional, la idea que tenemos de lo «esencial» y de lo «accidental». Acabamos de pedir en préstamo un ejemplo a la aritmética; ahora lo haremos a la geometría. En los elementos de esta ciencia se define generalmente la «tangente» a un círculo, diciendo que es la recta que tiene un solo punto común con el círculo. La definición es lógicamente irreprochable, por cuanto conviene a la cosa definida y sólo a ella; pero racionalmente no tiene valor, ya que define la tangente por una propiedad puramente accidental, y no por lo que la caracteriza esencialmente. En vez del círculo A, tomemos la sinusoide BCDEF tal como daría la sombra o «proyección» de una «hélice» sobre un plano (30) y observaremos: 1º, que una recta como *mn* que toca la curva en un punto *m*, va a cortarla en otro punto *n* y, en consecuencia, tiene más de un punto común con la curva; 2º, que por el mismo punto *m* podemos hacer pasar una infinidad de rectas como *ik* que no tienen más que ese punto común con la curva y que, sin embargo, la cortan en vez de tocarla. Para fijar el carácter esencial de la tangente, hay que considerar una recta tal, que teniendo el punto *m* común con la curva, y cortándola primeramente en otro punto *m'* muy cercano a *m*, gira alrededor del punto *m*, como sobre un eje, de manera que el segundo punto de intersección se acerca cada vez más a *m*, y (si continúa el movimiento de rotación) pasa al otro lado de *m*, en un punto tal como *m''*. En este movimiento continuo de rotación de la recta secante, hay un momento en que el punto móvil de intersección pasa de un lado al otro de la secante, confundiéndose con el punto fijo *m*. En ese momento, la recta móvil sólo tiene «en la vecindad inmediata» del punto *m*, ese punto *m* que le es común con la curva, y la dirección de esta recta es justamente lo que hay que considerar como la dirección del elemento de la curva en ese mismo punto *m;* he ahí lo que constituye el carácter esencial de la tangente a una curva. Poco importa que en otras secciones de su curso, y a una distancia más o menos grande del punto *m*, la curva vuelva a encontrar la tangente en *n*, ya sea cortándola

(*) «Essai»... passim, especialmente Cap. II.

(como en el caso de la sinusoide cuyo trazado hemos dado más arriba), ya sea tocándola. O, por el contrario, poco importa que la curva no vuelva a encontrar su tangente, como es el caso del círculo y de todas las curvas cuya convexidad está constantemente dirigida en un mismo sentido. Esta propiedad de la tangente al círculo, no es más que una propiedad accidental y no nos dice en qué consiste la esencia del contacto entre una recta y una curva (27).

44. No hay que confundir la idea de «esencia» con la de «sustancia», ni la idea de la «razón» de las cosas con la de «causa». Como lo mostraremos en otra parte, las ideas de causa y sustancia tienen un doble origen, físico y psicológico, mientras las ideas de razón y esencia de las cosas podrían existir en una inteligencia que no tuviese ni la misma constitución psicológica, ni las mismas nociones sobre los fenómenos del mundo físico. Sin embargo, y manteniendo esta distinción, debemos reconocer que existe entre ellas cierta afinidad, que ha sido causa de que a menudo se emplearan indiferentemente los términos razón y causa, esencia y sustancia, en el lenguaje metafísico y hasta en el lenguaje consagrado de la teología, como veremos a su tiempo (*).

45. Hemos visto que una definición puede ser lógicamente correcta y racionalmente defectuosa, porque el orden lógico, que generalmente no es más que un orden artificial dependiente de ciertos enfoques de nuestro espíritu, puede muy bien no coincidir, y en realidad sólo coincide accidentalmente, con el orden racional que debe ser la expresión fiel de las relaciones que las cosas tienen entre sí, en virtud de su naturaleza y de su esencia propia. La misma observación se aplica a las clasificaciones y da lugar a distinguir entre clasificaciones artificiales o puramente lógicas y clasificaciones racionales. Si se quiere clasificar las curvas estudiadas por los geómetras, y se pone en una clase las curvas cerradas y limitadas en su curso, y en otra clase aquellos cuyo curso se prolonga indefinidamente, se habrá establecido una clasificación que, sin lugar a dudas, es irreprochable desde el punto de vista lógico, ya que descansa sobre una definición precisa y sobre caracteres bien definidos, pero que desde

(*) La confusión entre las ideas de «razón» y «causa» es lo que debilita el valor de los «Últimos Analíticos», obra maestra de Aristóteles y muy superior, en nuestra opinión, a todas las otras partes del Organon. Queriendo dar la teoría de la «demostración», para compararla con la teoría del «silogismo», objeto de los «Primeros Analíticos», en muchas ocasiones se ve obligado, por la naturaleza del tema, y por la penetración de su inteligencia, a discernir el encadenamiento lógico, fundamento de toda construcción silogística, del encadenamiento racional sobre el que debe fundarse toda demostración para satisfacer plenamente el espíritu. Sin embargo, esta distinción no se establece en ninguna parte con la suficiente claridad, y la larga serie de comentadores no han destacado ni corregido esta imperfección de la obra del maestro.

el punto de vista racional no tiene valor; en efecto, mientras que la elipse es una curva cerrada, la parábola y la hipérbole tienen ramas que se extienden indefinidamente y, sin embargo, esas tres curvas conocidas por los antiguos bajo el nombre de «secciones del cono», y por los modernos como «curvas de segundo grado», tienen tales afinidades entre sí, que no pueden ser separadas unas de otras, cualquiera sea el punto de vista desde el cual se estudien sus propiedades y modo de generación. Así, pues, están genéricamente asociadas por sus caracteres esenciales, o constituyen un género perfectamente caracterizado dentro de una clasificación racional.

La mejor clasificación lógica o artificial es la que más ayuda a la memoria, y facilita las búsquedas, la que coloca los objetos en el orden más accesible y fija más claramente los límites; y para tales propósitos, los caracteres accidentales pueden resultar preferibles a los caracteres más esenciales. Una clasificación que, sobre 1000 objetos a clasificar, pusiera 999 de un lado, y uno del otro, cumpliría muy mal el cometido de una clasificación artificial o puramente lógica, y, sin embargo, alguna vez habría que aceptar esta clasificación como consecuencia del orden racional y del valor relativo de los caracteres esenciales.

En una clasificación puramente lógica y, por lo tanto, convencional o arbitraria, todos los grupos de un mismo orden figuran con el mismo título en la clasificación; pero ya no ocurre lo mismo en una clasificación racional, en la que algunos grupos, que llevan la misma etiqueta genérica impuesta por la pobreza de nuestro lenguaje, pueden formarse apoyados en caracteres de valor desigual, y que no establecen, entre los objetos agrupados, analogías tan íntimas las unas como las otras.

46. La estructura y el fin de una clasificación lógica excluyen la idea de que un mismo objeto pueda pertenecer a la vez a casilleros o grupos diferentes; pero ya no ocurre lo mismo en el orden racional, que admite una diversidad mucho mayor, y que obliga a tener en cuenta todos los caracteres para obtener, por lo menos en lo que de nosotros depende, la expresión adecuada de las relaciones esenciales entre las cosas. Así, los geómetras establecen un grupo de superficie que llaman «cilíndricas» y que son engendradas por una recta que se mueve paralelamente a sí misma (30), siguiendo el contorno de una curva cualquiera ABCD, llamada «directriz», cuyo trazado determina cada superficie cilíndrica en particular, o cada individuo comprendido en el género. Establecen también otro género de superficies que denominan *de revolución* y cuya propiedad genérica consiste en ser engendradas por una curva *mnpq*, que gira alrededor de un eje *mp*, de modo que cada superficie de revolución sea indi-

vidualmente determinada por el trazado de la curva *mnpq*, que los geómetras llaman la línea «meridiana» y que técnicamente llamaríamos «perfil» de la superficie. Pero la superficie del cilindro común que se considera en los elementos de geometría, y que se usa tan frecuentemente en las artes, es a la vez una superficie cilíndrica y una superficie de revolución; dicha superficie no quedaría completamente estudiada si no se la considerara desde este doble punto de vista.

La clasificación racional admite, aunque únicamente cuando la naturaleza de las cosas nos conduce a ella, esta jerarquía de géneros, órdenes y clases, que la clasificación artificial o puramente lógica funda sobre caracteres accidentales o definiciones arbitrarias, teniendo en cuenta sobre todo las exigencias de la simetría, por la claridad y la comodidad que procura un orden de simetría perfecta. La geometría podría darnos, si lo necesitáramos, ejemplos de esta subordinación jerárquica dentro de una clasificación racional. Así, el género de las superficies «cilíndricas», se compone de superficies engendradas por una recta que se mueve paralelamente a sí misma; el género de las superficies «cónicas», comprende las superficies que se engendran por una recta que se mueve girando siempre sobre un mismo punto. Estos dos géneros de superficies, y algunos otros, están comprendidos en lo que se puede llamar el «orden» de las superficies desarrollables, que comprende todas las superficies engendradas por el movimiento de una recta, y que gozan además de la particularidad (que aprovechan las técnicas) de poder extenderse o desarrollarse sobre un plano, sin romperse ni duplicarse. Por último, el orden de las superficies desarrollables está comprendido, con otros, en la «clase» de las superficies que llamamos «reguladas», por ser engendradas por el movimiento de una recta, pero sin tener (exceptuando las superficies desarrollables) la propiedad de poder extenderse en un plano, a menos de doblarse o mejor, aplastarse, tal como se aplastaría la superficie de una esfera si quisiéramos hacerla plana.

47. Como no hay mayores clasificadores que los naturalistas, por la gran cantidad de objetos que deben estudiar y comparar, era lógico que en un primer momento ellos dieran la distinción entre métodos artificiales y métodos o clasificaciones «naturales». Sin embargo, en la idea de los métodos naturales, hay algo más que la idea abstracta de una subordinación racional entre los objetos a clasificar; se une el sentimiento de los procedimientos y de las formas de la Naturaleza viviente, y la idea de un parentesco, cuyo origen se nos escapa pero que en muchos aspectos debe asemejarse al parentesco propiamente dicho, con cuya idea llega a identificarse en algunos casos. Pero vamos a

descartar aquí (aunque volvamos sobre ellas más tarde) esas ideas accesorias para considerar solamente la idea principal, la de una clasificación fundada sobre el discernimiento de los caracteres esenciales y accidentales, y sobre la apreciación de esos caracteres esenciales.

Hemos podido juzgar, por los ejemplos mismos que acabamos de tomar de la geometría, que esta apreciación se relaciona más o menos con la idea de «generación», aun en el orden de las concepciones abstractas. Captar los caracteres esenciales de las cosas, es captar la manera como proceden racionalmente las unas de las otras o se engendran unas a otras. Si nos referimos a los seres vivos que estudian los naturalistas, la trabazón de las ideas de generación y de clasificación será todavía más palpable, como lo indica la etimología misma de las palabras «género» y «especie». La generación (genus) produce seres que tienen la apariencia (specie) de los que los engendraron. Tal es el hecho evidente y perceptible, sobre el cual lógicos, filósofos y naturalistas han trabajado, cada cual a su manera. Lo que hay de extraño es que los lógicos conservaron, mejor que los naturalistas, las huellas de una etimología basada en una primera ojeada a la Naturaleza viviente. En efecto, de acuerdo con la etimología, sería necesario llamar género lo que para los naturalistas es especie, y especies, los individuos de los que, generalmente, no se ocupan. Sería preciso llamar especies, como todavía se hace en el foro por un resto de tradición escolástica, los casos individuales y particulares; sería necesario considerar género humano, como lo hacen los filósofos y moralistas, lo que los naturalistas llaman especie humana. Sobre todo, no habría que emplear, como lo hacen los naturalistas, el nombre de género justamente cuando se trata de una afinidad entre especies, que ya no explica los fenómenos conocidos de la generación ordinaria. Pero poco importa, después de todo, las etiquetas de nuestras ideas; lo importante es captar bien esas ideas, cosa difícil, porque generalmente lo que primero nos llama la atención en las cosas no es lo que ellas tienen de más esencial, y sólo conseguimos separar lo esencial de lo accesorio, en el supuesto de que lo logremos, por medio de comparaciones atentas.

Por ejemplo, no importa a la esencia de la clasificación que el número de los objetos clasificados sea limitado o ilimitado por naturaleza. Para un naturalista, solamente los individuos son ilimitados; las especies, géneros, órdenes, familias, etc., son necesariamente limitadas. Pero para un químico, las individualidades mismas con las que se trata de formar el primer grupo genérico, son limitadas, y en el orden de las clasificaciones geométricas de las que tomábamos anteriormente nuestros ejemplos, no hay limitación en el número de los objetos

clasificados, cualquiera sea el grado en la escala de clasificación en el que nos coloquemos. Así, no solamente el número de superficies particulares que constituyen el género de las superficies cilíndricas es ilimitado, sino que hay también un número ilimitado de géneros análogos, que componen el orden de las superficies desarrollables, y así sucesivamente.

48. La idea de «tipo» es, a veces, más general, otras más circunscripta que las ideas de «género» o de «especie», con las que ocasionalmente coincide, sin que por eso las podamos confundir. El hombre tiende siempre a expresar sus ideas más generales y más elevadas, con la ayuda de un ejemplo concreto, sensible y familiar. Aquí, la comparación de un sello y de su impresión es la que se ofrece más naturalmente y la que, en todos los idiomas, sirve para expresar la idea de tipo, en correlación con la idea de los ejemplares o pruebas. Los ejemplares se parecen entre sí, y ésta semejanza se funda en que cada uno se parece al tipo; quizá, si el vaciado es muy bueno, se parecerán tanto que a simple vista no podrán distinguirse unos de otros, pero si los examinamos cuidadosamente con una lupa, podremos descubrir algunas diferencias, sobre todo si somos conocedores o expertos en esta clase de investigaciones. Ahora bien, ¿qué importa que se trate de una impresión grosera o de un vaciado más perfecto? La distinción es sólo cuantitativa, en cuanto a las irregularidades y diferencias, y, en principio, hay que admitir que ninguno de los ejemplares se asemeja perfectamente a otro, aunque todos atestigüen mediante su parecido, por imperfecto que sea, que derivan de un tipo común.

En vez de obtener los ejemplares por impresión, podemos obtenerlos por copia. Lo que llamábamos tipo, en el sentido propio de la palabra, se llamará ahora «modelo»; pero, filosóficamente, y en el grado de abstracción en el que debemos colocarnos, nada distingue la idea de modelo de la idea de tipo, y es por eso que estos dos términos se emplean indistintamente en el lenguaje filosófico. Si la imitación del artista implica menos precisión que el vaciado del obrero, entre un ejemplar y otro habrá diferencias más notables, pero concluiremos igualmente (y éste es el punto capital) que la semejanza de los ejemplares entre sí proviene de su semejanza con un tipo o modelo común.

Cosas distintas son el cuño de una moneda y la moneda misma, la plancha del grabador y la estampa sacada con dicha plancha, un monumento de arquitectura y el daguerrotipo que lo reproduce. El tipo o modelo no pertenece, pues, necesariamente, al mismo género que dos ejemplares que de él derivan, a pesar de que los ejemplares que se comparan sean comúnmente congéneres. Para quien tuviera el sentido del tacto sin el de la vista, o el de la vista sin el del tacto, el ejemplar sería a menudo una cosa sensible y no así el tipo o modelo; no sería absurdo entonces admitir, para los objetos sensibles, un tipo o modelo que no perteneciera al número de las cosas sensibles, y cuya idea nos daría la razón, aunque nos fuera imposible formarnos la imagen correspondiente.

49. Hay cosas que pueden pertenecer a una misma especie, sin que haya motivo suficiente para admitir que derivan del mismo tipo: bien puede tratarse de especies que constituímos artificialmente, cotejando caracteres accidentales para satisfacer necesidades de nuestras clasificaciones, o bien puede tratarse de cosas que tienen entre sí una afinidad natural o esencial. Así, por una parte, cosas de la misma especie pueden no tener entre sí relaciones de la misma naturaleza que las que se establecen entre los ejemplares que derivan de un tipo común, y por otra, cosas distintas pueden derivar de un mismo tipo, sin ser por eso congéneres o de la misma especie, como un cuadro, una estampa, una medalla, un camafeo, un bajo relieve. De manera que la idea de tipo es efectivamente, como lo habíamos dicho, ya más, ya menos extensa que las ideas de especie y de género, fundamento de toda clasificación, y no hay que confundirlas.

Pero lo mismo que la idea de un primer grupo genérico nos lleva a concebir una jerarquía de géneros o grupos de orden superior, así la idea del paso de un tipo a sus ejemplares nos sugiere la de una jerarquía de tipos que derivan inmediatamente los unos de los otros. Cada casa de monedas tiene sus cuños, que son tipos en relación con las especies acuñadas en esa casa, y que son también otros tantos ejemplares de un tipo primitivo y oficial, firmado por el artista y adoptado por el gobierno. Este tipo oficial se modifica a menudo por el año marcado, el módulo y otros accesorios, según el año de fabricación y la especie de monedas que deben grabarse con ese cuño; de modo que el propósito del gobierno y el pensamiento del artista, en lo que ellos tienen de fundamental, se reproduzcan de un tipo a otro.

50. Las imágenes que surgen en nuestro espíritu, las ideas que cada uno de nosotros se hace de las cosas, pueden ser consideradas como otras tantas copias de un modelo externo, como otras tantas impresiones o ejemplares de un tipo, que es la cosa misma, concreta o abstracta, cuya imagen o idea guardamos en nosotros. Y cuando tratamos de comunicarlas a los demás por el lenguaje, esas impresiones, esos ejemplares,

se convierten, a su vez, en un tipo o modelo interior, del que debemos dar una copia o prueba tan correctamente como sea posible. Por donde vemos que la verdad en las ideas o la expresión de las ideas admite en general la aproximación, el más o el menos, y no es algo determinado como se cree a menudo, suponiéndose que no hay término medio entre lo verdadero y lo falso. Y al mismo tiempo se ve que la idea, siendo la copia verdadera o fiel del objeto concebido, no es necesariamente su reproducción idéntica y puede conservar, en lo que forma su esencia, algo que depende exclusivamente de la constitución del entendimiento, como una estampa puede ser copia fiel de un cuadro, aunque esté privada de un gran número de las cualidades de dicho cuadro, y a pesar de tener otras que el cuadro no posee. Eminentes filósofos, considerando que nuestras ideas humanas son otros tantos ejemplares de tipos externos al entendimiento, han sido llevados a suponer que los objetos mismos, externos al entendimiento, podrían muy bien no ser más que ejemplares de un tipo superior que han comparado con nuestras ideas (48). He ahí el fundamento de la metafísica platónica, cuya discusión, como la de otras teorías metafísicas que han permanecido ajenas a la interpretación científica de los fenómenos, no figura en nuestro plan. Sin embargo, vuelve a encontrarse un reflejo de esta filosofía en las modernas teorías de los naturalistas, sobre tipos orgánicos, y más adelante reanudaremos el estudio de la idea de tipo desde ese punto de vista. Aquí importaba solamente marcar su lugar entre las ideas generales que deben encararse, primeramente, en toda su generalidad y abstracción, sin perjuicio de tomar en cuenta ulteriormente, a medida que pasemos a las aplicaciones especiales, las nociones accesorias que se relacionan con ellas.

CAPÍTULO VI

De las ideas de función y de variable independiente; de la medida del tiempo y de los principios del cálculo infinitesimal.

51. Hemos visto ya que las ideas que sirven de punto de partida de la silogística, y aquellas sobre las que se funda la teoría de los números y de las cantidades, están unidas por un estrecho parentesco. Acabamos de ver cómo el espíritu humano es conducido a una lógica superior que llega a la razón de las cosas y distingue lo esencial de lo accidental; es necesario, en virtud de esa misma afinidad primordial, que a esta lógica superior corresponda también un estudio superior en el sistema de las teorías matemáticas; y desde hace dos siglos, todos los trabajos contribuyen, precisamente, a la constitución de esa etapa superior.

El movimiento nos proporciona el ejemplo más sencillo y la imagen más sensible de la idea de «variación» o de cambio en general. En el lenguaje sutil de la dialéctica griega, más o menos imitado por algunas escuelas modernas, los términos de movimiento y de motor son considerados en la mayoría de los casos en un sentido abstracto, para designar un cambio cualquiera o el principio del cambio. De aquí se sigue, lo apuntamos al pasar, que el espíritu humano debe tender constantemente a explicar todo cambio por movimientos y a suponer movimientos ocultos a nuestra percepción, en todos los casos en que nuestros sentidos nos dicen que se ha producido un cambio.

Dando esto por sentado, concebimos claramente que los movimientos pueden ser independientes unos de otros, o por el contrario enlazados los unos a los otros; otro tanto ocurre, por lo general, con los cambios de estado, cualesquiera sean éstos.

Ahora bien, el enlace no siempre es recíproco. Sobre el cuadrante de un reloj, el minutero arrastra o conduce la aguja que marca las horas, sin que ésta conduzca al minutero.

En otros términos, el movimiento de la aguja de las horas es «solidario» con el de la aguja de los minutos, mientras que el movimiento de esta última es «independiente» del de la aguja de las horas. Estas ideas de solidaridad e independencia son de continua aplicación en filosofía matemática, en filosofía natural y en toda filosofía. Prosiguiendo con nuestro ejemplo: en otras partes del engranaje todas las piezas son solidarias en lo que respecta a sus movimientos, es decir, el movimiento de cada pieza ocasiona el de las piezas adyacentes, de manera que ignoramos cuál es la que conduce, si no sabemos dónde yace la fuerza motriz de todo el aparato, y sobre todo si no tenemos siquiera la idea de fuerza motriz. Sin embargo, como explicaremos en seguida, y en virtud de los principios ya indicados (6), esta ausencia de la idea de fuerza o causa motriz no es necesariamente un obstáculo para que el espíritu juzgue y decida cuál es la pieza que domina la otra, cuál es el movimiento que es principio o razón de otro.

52. Observemos ahora que la idea de movimiento, que conduce a la idea de un cambio cualquiera de estado, sometido a la ley de continuidad, conduce más particularmente en el orden matemático a la idea de un cambio continuo de magnitud. Los geómetras llaman magnitudes «variables» a las cosas que pasan sucesivamente por diversos estados de magnitud, y dan el nombre de «función» a la variable cuyos cambios de magnitud son consecuencia de los cambios de otra magnitud variable, que toma entonces, por lo menos en un sentido relativo, el nombre de «variable independiente». Así, la elasticidad del vapor de agua, en un espacio saturado de vapor, es función de la temperatura de este vapor; la temperatura de un pozo artesiano es función de la profundidad de la capa de agua que lo alimenta, y así sucesivamente.

En general, no nos es permitido invertir los papeles entre las funciones y las variables de las cuales dependen; porque si, por ejemplo, la tensión «máxima» del vapor de agua en un espacio saturado se eleva como consecuencia del aumento de temperatura, no sería razonable admitir que, recíprocamente, la temperatura varía como consecuencia de la variación de la tensión del vapor. Esta tensión desempeña, pues, necesariamente, el papel de función y no el de variable independiente. Por el contrario, en este ejemplo, la temperatura desempeña el papel de variable independiente en relación a la tensión de vapor, cuya variación depende de ella, a pesar de que podamos, y aún debamos, considerarla como una función subordinada en sus variaciones a las de otras magnitudes variables, de las que no tenemos por qué ocuparnos aquí.

53. A este propósito, completaremos aquí lo que hemos dicho en el capítulo III acerca de los caracteres de la idea de tiempo, y en primer lugar, trataremos la medida del tiempo. Refiriéndonos a los principios de la teoría del movimiento, varias veces ya hemos tenido la oportunidad de emplear expresiones como: tiempos iguales, tiempos dobles, triples, etc. En efecto, concebimos claramente que la duración sea en sí misma una magnitud mensurable, homogénea, idéntica en todas sus partes, como la extensión, cualquiera sea el modo empleado para medirla efectivamente. Si se trata de realizar esta medición, bien pronto reconoceremos que, a este respecto, hay entre duración y extensión una diferencia fundamental, correspondiente a una diferencia no menos pronunciada en la jerarquía de nuestras facultades intelectuales y en la ordenación de nuestros conocimientos científicos.

La medida de la longitud o extensión lineal, la medida de un ángulo o de un arco de círculo, se efectúa por «superposición», es decir, por el procedimiento de medición más inmediato, más sensible, y en cierto modo más grosero de todos. A este elemental procedimiento de medición, la construcción geométrica y el cálculo fundado sobre una primera intuición sensible refieren, por medio de una serie de definiciones e identidades, todas las medidas que podemos tomar en el espacio, tanto para las investigaciones científicas más delicadas como para la aplicación a las necesidades más comunes. Así, por ejemplo, se mide sobre el terreno, con el mayor cuidado, utilizando de un extremo a otro reglas metálicas, teniendo en cuenta las variaciones de temperaturas y armándonos de poderosas lupas, una longitud de algunos miles de metros, que llamamos «base», y con la que relacionamos triángulos cuyos ángulos se miden por medio de un círculo repetidor, con una gran precisión. De aquí, y de otras observaciones astronómicas, deduciremos sucesivamente, por el cálculo de la longitud de un arco de meridiano terrestre, la longitud del diámetro de la tierra, las distancias y las dimensiones del sol y de los planetas; pero siempre habremos tenido que medir, directamente y por superposición, una longitud y algunos ángulos. Por el contrario, la superposición no es aplicable a la medida de la duración, y al decir que el tiempo se mide por el movimiento, sin dar más explicaciones, caemos en un círculo vicioso; porque si el movimiento no es uniforme, ¿cómo podría servir para medir el tiempo? y ¿cómo nos aseguramos de que es uniforme, o de que el móvil describe espacios iguales en tiempos iguales, si no tenemos otra manera de medir el tiempo, para comparar los tiempos con los espacios descriptos? La objeción es la misma, ya se emplee una clepsidra, un reloj o que consultemos

el gran reloj construído por la naturaleza y que tiene las estrellas por agujas indicadoras.

54. Aquí interviene, para resolución de la dificultad, la noción suprema de «razón» de las cosas. Yo no sé según qué leyes caen la arena o el agua que salen de la clepsidra; puedo no tener ninguna idea acerca de las causas físicas de esta caída, de la estructura de los granos de arena o de las gotas de agua, pero afirmo que, si todas las circunstancias son las mismas, la clepsidra se vaciará siempre en el mismo tiempo, porque no habría ninguna «razón» para que el cumplimiento del mismo fenómeno exija, ya una porción de duración, ya otra. Merced a esta idea fundamental poseo (por lo menos provisionalmente, y sin perjuicio de controlar la hipótesis de que todas las circunstancias son efectivamente las mismas, como parecen serlo) una unidad de tiempo, porque podré comprobar que tal otro fenómeno se cumple mientras mi clepsidra se vacia una, dos, tres veces, y así sucesivamente. Podré entonces seguir a otro móvil en su movimiento, y si los espacios iguales recorridos por el móvil correspondieran a tiempos iguales medidos por mi clepsidra, no solamente concluiré que este móvil está dotado de un movimiento uniforme, sino que lo utilizaré para comprobar la hipótesis de que nada ha cambiado en las condiciones del derrame de la clepsidra. En efecto, ¿cómo admitir que este móvil, cuyo movimiento nada tiene de común con el vuelco de mi reloj de arena, cambie de velocidad justamente cuando es preciso que así sea, y lo haga exactamente en las proporciones necesarias para que los mismos espacios recorridos por el móvil correspondan siempre a las duraciones del derrame de la arena, que suponemos desiguales? Esta comprobación podría repetirse tantas veces, y en tantas circunstancias diferentes, como sea necesario para que ya no pueda dudarse de la exactitud de mi unidad de tiempo.

Razonaríamos análogamente si se tratara de los períodos del péndulo, cuya duración es generalmente más corta, o de las revoluciones de la aguja de reloj, cuya duración es generalmente mayor. Los astrónomos hacen constantemente comparaciones y razonamientos análogos; el sol no está exactamente de acuerdo con las estrellas; ni las estrellas ni el sol están exactamente de acuerdo con el péndulo del Observatorio. ¿Quién tiene razón, y quién está en el error entre el péndulo, el sol y las estrellas? ¿Dónde está el movimiento uniforme y, por consiguiente, la unidad de tiempo? No tardan mucho en comprobar que, cuando con más cuidado evitan todo lo que podría introducir una irregularidad en la construcción del péndulo, más tiende éste a ponerse de acuerdo con las estrellas, mientras

que nunca pueden ponerlo de acuerdo con el movimiento del sol; y mil razones de este género, que no podríamos detallar aquí, les muestran que todo se explica, se ordena con una regularidad perfecta, suponiendo la perfecta uniformidad del movimiento aparente de las estrellas. Así, aun cuando no tengamos ninguna idea de la causa física de este movimiento, podemos tener la seguridad de que la duración del día sideral nos proporciona una excelente unidad de tiempo. La medida de la duración supone entonces la noción de la razón y del orden de las cosas, requiere la intervención de principios racionales (20), porque la idea de tiempo tiene un enlace más inmediato con el sistema de las concepciones puramente racionales; en cambio, como la idea de extensión nos es proporcionada por los sentidos externos, su medida directa cae inmediatamente bajo los sentidos, y además, aún su medida indirecta, no exige más que construcciones, razonamientos, cálculos fundados sobre el principio de identidad y sobre un peldaño inferior de la lógica, distinto del que nos da los principios adecuados para guiarnos en la determinación de una medida de tiempo.

55. El tiempo, tal como lo concebimos, fluye de manera uniforme e independientemente de todos los fenómenos que se cumplen en él. Cuando recorremos una ruta, el espacio descripto a partir de un determinado punto y de un cierto momento, es una magnitud que no crece necesariamente de manera uniforme, mientras que el tiempo transcurrido a partir del mismo instante, es una magnitud que, por su esencia, crece siempre uniformemente. De ahí la idea que tuvo Newton de comparar el cambio, o para emplear su terminología, el fluir (fluxio) de todas las magnitudes, con el del tiempo, y de considerar todas las magnitudes variables, como funciones del tiempo. No es ésta, como lo han pensado espíritus eminentes, una comparación artificial y arbitraria; depende, por el contrario, de la esencia de las cosas, por lo menos en la medida en que nos es dado juzgarla. Con esta idea se relaciona la de comparar entre sí las «velocidades» con las que se operan los cambios de estado de todas las magnitudes variables, y especialmente las velocidades con las que varían las funciones, cuando suponemos que las variables de las que dependen varían uniformemente, como el tiempo. En su aplicación a los fenómenos de movimiento, la palabra «velocidad» conserva su acepción primitiva, que es también la más usada, a pesar de que su acepción extensiva, en su aplicación a otros fenómenos, se brinda tan naturalmente al espíritu que la encontramos en el lenguaje más familiar. Así se dice de un género, que se

desgasta rápidamente, y de otro que se desgasta lentamente. Para tomar un ejemplo menos vulgar, se considera que cuando un cuerpo calentado se enfría, la temperatura de la superficie es una magnitud que varía con el tiempo y que, además, no varía en general uniformemente, ya que el enfriamiento es más rápido en un primer momento y luego va disminuyendo, de manera que a iguales pérdidas de temperaturas no corresponden tiempos iguales. Tenemos entonces una idea tan directa y clara de la velocidad variable del enfriamiento, como de la velocidad variable de un móvil.

Esta velocidad de enfriamiento, lo mismo que la de un móvil (34), puede variar sin cesar de una manera continua. Puede ser, por ejemplo, de 100 grados en una hora, pero habrá podido ser de 10 grados en el primer minuto, y no ser ya más que de una pequeña fracción de grado en el sexagésimo minuto que termina la hora. Para definir esta velocidad en un instante preciso, habría que fraccionar el tiempo, a partir de este instante, en intervalos cada vez más pequeños, como lo hemos explicado más arriba; y el límite al que se aproxima, cada vez más, la relación entre la pérdida de la temperatura y el intervalo de tiempo, a medida que hacemos más pequeño el intervalo, es la expresión rigurosa de la velocidad del enfriamiento en el instante considerado.

56. Los geómetras expresan lo mismo de otra manera, al decir que la velocidad de enfriamiento tiene por medida la relación entre la pérdida de temperatura y el intervalo de tiempo, cuando estas dos magnitudes llegan a ser «infinitamente pequeñas» (22). Ahora bien (y éste es el punto que interesa particularmente a la filosofía), estaríamos errados si viéramos en esta segunda manera de expresión nada más que una abreviación convencional, una forma de lenguaje aparentemente más cómoda, ya que es más utilizada. Es más cómoda, en efecto, solamente por ser la expresión natural del modo de generación o desaparición de las magnitudes, que crecen o decrecen por elementos más pequeños que toda magnitud finita. Así, cuando un cuerpo se enfría, la relación entre las variaciones elementales del calor y del tiempo es la verdadera razón de la relación que se establece entre las variaciones de esas mismas magnitudes cuando han adquirido valores finitos. Esta última relación, es verdad, es la única que puede someterse directamente a nuestra observación, y cuando definimos la primera por la segunda haciendo intervenir la noción de límite, nos conformamos con las condiciones de nuestra lógica humana; pero una vez en posesión de la idea de la primera relación, nos conformamos con la naturaleza de las cosas, haciendo de ella

el principio de explicación del valor que la observación otorga a la segunda relación. Es por esto que la notación de las cantidades infinitesimales, imaginada por Léibniz, constituye una invención importante, que acrecentó prodigiosamente el poder del instrumento matemático y el campo de sus aplicaciones a la filosofía natural (*).

(*) Puede verse sobre este tema nuestro «Traité élémentaire de la théorie des fonctions et du calcul infinitésimal», particularmente los capítulos III y IV del libro primero.

CAPÍTULO VII

De las ideas de azar y de probabilidad, y de sus aplicaciones lógicas y matemáticas. Del arreglo sinóptico de las ideas que se refieren al orden y a la forma.

57. Ya hemos tenido la oportunidad (36) de dejar sentada la diferencia entre movimientos «absolutos» y movimientos «relativos». Como no hay puntos de «referencia» de cuya fijeza podamos estar seguros, resulta verdadero decir que todos los movimientos que calificamos como absolutos no lo son más que por comparación. Por otra parte, ocurre lo mismo con la distinción entre movimientos «aparentes» y movimientos «reales», que con la distinción entre movimientos relativos y absolutos, ya sea porque la diferencia entre la apariencia y la realidad depende del movimiento que anima al observador mismo (por ejemplo, la rotación diurna de la bóveda celeste), ya porque depende del modo de percepción del movimiento por el observador, como cuando un punto luminoso, que en realidad describe un círculo en el espacio, nos parece describir la curva ovalada que llamamos elipse, porque vemos dicho círculo en una especie de perspectiva o proyección, sin poder apreciar inmediatamente la distancia del punto luminoso a nuestro ojo.

El primer problema que se presenta en filosofía natural es distinguir los movimientos relativos o aparentes de aquellos que (por lo menos comparativamente) podemos llamar absolutos o reales, y, según las sugestiones del buen sentido y las decisiones de la razón, elegir convenientemente, entre todas las hipótesis que pueden construirse sobre los movimientos reales o absolutos que producen los movimientos aparentes o relativos que observamos. Aquí interviene de manera necesaria (como lo hemos probado abundantemente en otros trabajos), la idea de la simplicidad de las leyes y, en consecuencia, la idea misma de ley, tan naturalmente conexa (41) a la idea de movimiento.

Por ejemplo, nuestra inteligencia se siente atraída por la simplicidad con que las leyes de los movimientos reales de los cuerpos celestes, tales como Copérnico las enuncia, explican las

apariencias de la «estación y retrogradación» de los planetas, y no duda en preferir estas leyes, tan simples, a las leyes tan complicadas dadas por el autor del Almagesto. Imaginemos que observamos simultáneamente el movimiento de un cuerpo opaco que describe, uniformemente, un círculo perfecto, y el movimiento de su sombra proyectada sobre un cuerpo vecino de superficie irregular; ¿necesitaríamos tocar el cuerpo y la sombra para asegurarnos que es realmente el movimiento del cuerpo el que arrastra él de la sombra (51) y no el movimiento de la sombra el que arrastra él del cuerpo? ¿No bastaría, acaso, considerar qué simple parece la ley del primer movimiento, y qué complicada la del otro (en cuanto a la forma de la curva y a la velocidad variable con la que se describen las diferentes porciones de esta curva) y pensar qué poco natural resulta buscar en un fenómeno tan complicado la razón de una ley que demuestra una simplicidad tan grande?

En efecto, es un principio de la razón humana sin el cual ninguna crítica y, por consiguiente, casi ninguna ciencia sería posible, buscar en lo simple la explicación o la razón de lo complejo. He ahí un sistema de apariencias que podemos explicar con esa hipótesis muy sencilla sobre movimientos reales, tan sencilla que no dudamos en admitirla. ¿Por qué? Porque el movimiento real, cualquiera que sea, es ciertamente el principio o la razón de las apariencias observadas, y concebimos perfectamente que la simplicidad sea el carácter esencial de los principios de las cosas, o de las cosas más cercanas a sus primeros principios, mientras que, si la hipótesis fuera falsa, si el principio de las apariencias observadas debe buscarse en otra parte, es accidentalmente, sin que haya una razón extraída de la esencia de la cosa o, en otros términos, «por azar», que se ofrece a nuestro pensamiento una combinación que posee ese carácter de simplicidad notable, y que por eso simula ser un principio. Descartamos esta segunda alternativa por no ser probable, y puede, en efecto, ser tan improbable que ninguna persona sensata dudará en descartarla con nosotros (6).

58. Una vez que posee este principio de distinción entre los movimientos absolutos y los relativos, entre los movimientos reales y los aparentes, el espíritu humano tiene la clave de toda crítica filosófica, ya que una distinción semejante es el esquema o ejemplo notable, sobre el que nos fundamos para modelar la idea de la distinción entre apariencia y realidad, entre lo relativo y lo absoluto en todas las cosas. Los principios de distinción, de análisis y de juicio son exactamente los mismos. Concebimos un espacio absoluto; pero en este espacio carecemos de puntos de referencia absolutamente fijos, o de cuya fijeza

estemos completamente ciertos, y en consecuencia no podemos afirmar de ningún movimiento que sea absoluto, aunque, en relación con el sistema de puntos de referencia, distingamos claramente entre los movimientos absolutos y los movimientos relativos. Análogamente, concebimos una realidad absoluta, pero no podemos llegar a ella, o por lo menos no estamos autorizados para afirmar que la hemos alcanzado. Sin embargo, podemos tratar de penetrar más y más en el fondo de realidad de los fenómenos, despojándolo cada vez más de todo aquello que depende únicamente de nuestra manera de percibirlo, y oponiendo el «fenómeno» o la «realidad relativa» a la simple «apariencia», que toma el nombre de «ilusión» cuando le atribuimos erróneamente una realidad que no posee (*).

59. Todas esas ideas que acabamos de recordar, a saber: las ideas de razón y de ley, de esencia y de accidente, de simplicidad y de complejidad, no son más que ideas de orden, de combinación y de formas presentadas bajo diversos aspectos, o, si nos parece más cómodo distinguirlas, tendríamos que decir que pertenecen al mismo grupo y se atraen unas a otras. Pero, además, hemos empleado los términos de «azar» y de juicio probable o de «probabilidad», y ahora debemos aclararlos y precisar su significado.

Supongamos que yo quiera determinar el peso de una piedra cualquiera, y que, en un primer momento, sólo disponga de kilogramos. Todo lo que podría hacer sería comprobar con la balanza que el peso de la piedra queda comprendido entre tres y cuatro kilogramos, por ejemplo, y anotaré la cifra 3 para acordarme que en el peso de la piedra entran 3 kilogramos, más una porción de kilogramo.

Luego consigo hectogramos, y puedo determinar de la misma manera cuántos hectogramos entran en la porción de kilogramo mencionada: obtendré así una cifra 3, que escribiré a la derecha de la primera cifra 3 encontrada. Pero, sin tener necesidad de hacer esta nueva pesada, sé de antemano que no existe ninguna relación necesaria entre la cifra ya encontrada y la que voy a obtener, porque, en efecto, ¿qué relación puede haber entre las causas que han dado a ese fragmento de roca el peso que tiene en el momento en que lo peso, y las razones que han sugerido al legislador francés la idea de tomar el kilogramo como unidad de peso, y de subdividirlo siguiendo la progresión decimal? No esperaré, pues, encontrar para la cifra de los hectogramos un determinado número de nuestra numeración decimal, con preferencia a algún otro. Si obtengo por

(*) «Essai»... Cap. I, passim.

segunda vez la cifra 3, lo que parecerá dar a la combinación mayor regularidad, el hallazgo no será por eso menos accidental y fortuito; se producirá, como decimos, «por azar», de donde deducimos que la idea de azar es la idea de un encuentro entre hechos racionalmente independientes los unos de los otros, encuentro que en sí mismo es un hecho puro, para el que no podemos determinar ley ni razon.

Después de haber determinado la cifra de los hectogramos, podría determinar análogamente la cifra de los decagramos, y si soy un hábil experimentador, si tengo buenas balanzas, podré conseguir de la misma manera hasta los miligramos, y hallaré así una serie de siete cifras, en la que no debemos esperar encontrar ninguna regularidad. Si se presenta alguna apariencia de regularidad, es porque las combinaciones regulares figuran, como las otras, entre las combinaciones posibles y deben presentarse lo mismo que las otras (*), aunque exista, no digo una «causa» (nótese bien) sino una «razón» para que se presenten menos frecuentemente: es que son más raras o más escasas.

Admitamos que encuentro siete veces seguidas el número tres; éste sería el caso de la mayor regularidad posible; sólo hay diez combinaciones o «probabilidades» sobre 604.800, o una sobre 60.480 que ofrecen este carácter de constancia y regularidad llevada hasta el extremo. Es como si encontrara un carácter fijado de antemano, sacándolo al azar en una urna que encerraría 60.480 caracteres (más o menos, tenemos entendido, la cantidad de caracteres que posee la escritura china). Encontraría el hecho muy singular, pero no por eso dejaría de considerarlo fortuito, ya que, una vez más, mi razón concibe que nada hay de común entre el peso de esta piedra bruta, la fijación legal de la unidad de los pesos y la escala de subdivisión.

60. Si se tratara, no ya de la piedra bruta contra la cual mi pie se golpea, sino de cierto volumen de mercurio contenido en un recipiente que encuentro casualmente, sacaría de la singularidad observada una conclusión muy distinta. La aritmética me enseñaría que la fracción de un tercio, cuando la convertimos en decimales (41), da la fracción decimal periódica

0,333333...

Concluiría entonces que estoy tratando con la tercera parte de diez kilogramos de mercurio, y que, aparentemente, algún

(*) Ἔστι δὲ τοῦτο εἰκός, ὥσπερ Ἀγάθων λέγει εἰκὸς γὰρ γίνεσθαι πολλὰ καὶ παρὰ τὸ εἰκός (Arist. Poet. Cap. XVIII).

físico, después de haber pesado con gran cuidado diez kilogramos de mercurio, lo ha dividido en tres partes iguales, para hacer algunas experiencias comparativas, y que encontré una de esas partes reservadas. Entreveo así una posible relación entre la unidad legal de los pesos y el peso que tengo que determinar, y no dudo en preferir esta explicación racional, aunque no categóricamente demostrada, a la explicación por caso fortuito o por azar.

La luna tarda en girar alrededor de su eje el mismo tiempo que el que emplea en circular alrededor de la tierra (39); esta coincidencia llama la atención de los astrónomos, y como su razón se niega a considerarla fortuita, concluyen que estos dos movimientos de nuestro satélite no son fenómenos independientes uno de otro. Los geómetras, por fin, logran determinar no ya la causa física (debemos tener especialmente en cuenta que ésta nos es todavía absolutamente desconocida) sino la razón matemática de esta dependencia y de esta coincidencia.

Por el contrario, el movimiento de rotación de la tierra alrededor de su eje y su movimiento de traslación alrededor del sol, son dos fenómenos independientes uno del otro; por eso es que cuando queremos evaluar la duración del año solar, tomando como unidad la duración del día sideral, encontramos una fracción que no puede ser sino aproximada, y cuyas cifras se suceden sin ofrecer rastros de regularidad. Ocurre lo mismo que cuando quiero evaluar en kilogramos y fracciones decimales de kilogramos el peso de los cascos de roca que encuentro en mi camino.

61. En uno y otro caso, así como todas las veces en que debemos tomar medidas, la imperfección de nuestros sentidos y de nuestros instrumentos limita necesariamente la aproximación a la que podemos llegar, y reduce a un número pequeño, seis o siete, por ejemplo, las cifras decimales sucesivamente obtenidas. Resulta así que podemos ser engañados por las apariencias, a veces muy grande, de regularidad, a causa de no poder prolongar la serie tanto como sería necesario para obtener la desaparición de esa regularidad aparente y puramente fortuita. Se utiliza muy a menudo en aritmética superior un número llamado «la base de los logaritmos naturales» o «neperianos» y cuya evaluación en decimales da lugar a la serie

2,7182818284.....

Si no se hubiera calculado más que las nueve primeras cifras de la parte decimal, la vuelta accidental de las cuatro cifras en el mismo orden hubiera inducido a creer que se trata de una

fracción decimal periódica, conclusión cuya falsedad es demostrada por la teoría, y que de hecho queda probada, al calcularse solamente una cifra más. Pueden hacerse tantos cotejos diferentes entre las cifras, aún pequeñas, que casi siempre acabamos por descubrir alguna relación singular y puramente accidental, que se convierte en el fundamento de lo que se llama una regla mnemónica. Así, para recordar los números 355 y 113 cuya razón, según Melius, representa con una gran aproximación, la relación entre la circunferencia de un círculo y su diámetro, se escriben los dos números de un extremo a otro, comenzando por el más pequeño: 113, 355 y la regla mnemónica consiste en que esta corta serie de seis cifras, se compone de los tres primeros números impares, escritos por orden de magnitud, y cada uno repetido una vez. Es uno de esos casos de puro azar, a los cuales se aplica la observación de Aristóteles o Agathon, que hemos transcripto más arriba. Para todas las falsas inducciones que podrían sacarse de casos semejantes, y descubrir las verdaderas leyes que rigen el azar mismo, hay que considerar una serie cuyos términos estén todos rigurosamente determinados, y que no tenga más límite que los impuestos por el cansancio del calculador.

Ya hemos visto en el párrafo Nº 41 una serie de este tipo, precisamente la que da en fracciones decimales la relación entre la circunferencia de un círculo y su diámetro:

3,14159265358979323846264338327950...

He ahí 32 cifras decimales consecutivas: se han calculado cientos, y hasta podría ocurrírsenos calcular miles de ellas; pero debemos considerar que cada cifra de la serie, cualquiera sea su orden, posee actualmente y ha poseído siempre, un valor rigurosamente determinado, a pesar de que no lo conozcamos, y aun de que no tengamos ningún interés en conocerlo. De todos modos, trátese de cifras conocidas o desconocidas, sabemos que podemos estudiar y aplicar a este modelo, todos los caracteres que dependen de la naturaleza del azar o de la sucesión fortuita.

Por ejemplo, encontramos que en la serie de las treinta y dos cifras decimales hay:

una cifra (cero) que aparece una vez;
dos cifras (uno y siete) que aparecen dos veces;
tres cifras (cuatro, seis y ocho) que aparecen tres veces;
dos cifras (dos y nueve) que aparecen cuatro veces;
una cifra (tres) que aparece seis veces.

Todos estos resultados son casuales, irregulares, y, sin embargo, asoma ya un germen de regularidad; en efecto, si todas las cifras que tienen la misma probabilidad de aparición, aparecen efectivamente con la misma frecuencia, cada cifra aparecería una vez sobre diez, o tres veces sobre treinta, y observamos que, efectivamente, hay más cifras que figuran tres veces que cifras que figuran dos o cuatro veces y más todavía, cifras que figuran menos de dos o más de cuatro veces. Si la serie se prolongara mucho más, los resultados serían mucho más netos. Las diferencias entre las apariciones de una cifra y otra, tendrían, sin duda, valores absolutos mucho mayores que los señalados, pero sus valores relativos al número total de apariciones, irían disminuyendo indefinidamente, y llegaría un momento en que el número de las apariciones de cada cifra llegaría a ser casi la décima parte del número total de las cifras calculadas.

Hay tantos números pares como números impares (considerándose el cero por su posición, como número par) y, sin embargo, en nuestro ejemplo aparecieron dieciocho números impares (dos más que la mitad) y solamente catorce pares (dos menos que la mitad). Pero si prosiguiéramos la operación hasta obtener cientos, miles, millares de números en una serie suficientemente prolongada, encontraríamos que la relación entre el número de cifras pares y el número total de cifras calculadas, se acerca cada vez más a la fracción ½ y por último, sólo difiere de ella por fracciones sumamente pequeñas.

La suma de los diez números de nuestra numeración decimal es igual a cuarenta y cinco, y el término medio, cuatro y medio. Así, pues, si los diez números estuviesen repartidos en la serie en proporciones iguales, o solamente si las irregularidades del mismo sentido se produjesen tan frecuentemente entre las cifras «fuertes» como entre las «débiles», el término medio de los valores de todos los números de la serie sería todavía cuatro y medio. Las treinta y dos cifras de que hablamos nos dan, como término medio, cuatro tres cuartos, lo que es demasiado elevado; pero la diferencia irá disminuyendo indefinidamente, a medida que se abarque mayor cantidad de números, tal como acabamos de explicarlo.

62. Acabamos de tomar un ejemplo en el mundo de las cosas inteligibles, en el orden de los hechos puramente matemáticos, y, por lo tanto, necesarios, para que se comprenda mejor que esas razones matemáticas que introducen el orden en el desorden mismo, y que son objeto de la teoría matemática de los sucesos aleatorios y las probabilidades, no implican la noción de causa física, no se aplican únicamente a los hechos que consideramos aleatorios o contingentes; no son, como se ha dicho, relativas a

nuestra condición humana, mezcla de ciencia y de ignorancia, y subsistirían para una inteligencia superior, que pudiera leer en los encadenamientos más complicados de causas y efectos, como nosotros leemos en las fórmulas matemáticas que hemos construído o descubierto por nuestro propio esfuerzo (*).

Cuando sacamos de una urna los billetes de lotería, cada uno de los cuales está numerado, la extracción de cada billete está determinada por causas físicas, así como la aparición sucesiva de cada cifra de la relación entre la circunferencia y su diámetro está determinada por fórmulas y razones matemáticas. Conocemos esas razones matemáticas, pero no podríamos fijar las causas físicas que determinan la extracción de cada billete. Pero esto no importa, puesto que la sucesión no deja de tener, por ello, en uno y otro caso, los caracteres de una sucesión fortuita y conservaría esos mismos caracteres para una inteligencia capaz de fijar las causas físicas que se nos escapan, y prever los hechos particulares que se sustraen a nuestras previsiones. Y los caracteres de la sucesión fortuita dependerían tanto para esta inteligencia superior como para nosotros, del hecho de que no hay ninguna solidaridad, ninguna dependencia racional, entre la escala de la numeración decimal y la magnitud que se está considerando por un lado, y las causas físicas que determinan la extracción del billete y el número inscripto previamente en este billete, por el otro.

63. De allí la importancia de la rama de la sintáctica que se concce con el nombre de «cálculo de probabilidades». Las aplicaciones de este cálculo no tienen como único objeto, ni como objeto principal, ciertos juegos frívolos, como es creencia de muchos, porque es a propósito de esos juegos que fueron formulados primeramente dichos cálculos; por el contrario, estas aplicaciones se presentan continuamente en la sucesión de los fenómenos naturales, y en el curso de los acontecimientos, en los que es necesario considerar lo que corresponde a ciertas influencias regulares y constantes, y separarlas de las irregularidades fortuitas, que se deben al concurso de influencias diversas, independientes las unas de las otras. Ahora bien, cuando se trata no ya de juegos convencionales sino del curso de acontecimientos naturales, en los cuales mil circunstancias, mil influencias diversas, independientes unas de otras, se combinan entre sí sin cesar, de mil maneras diferentes, nos encontramos precisamente en las condiciones de repetición indefinida de las que hablábamos

(*) Véase para todo el desarrolo de las ideas, que aquí solamente podemos indicar de manera esquemática, nuestra «Exposition élémentaire de la Théorie des chances et des probabilités» y el «Essai sur les Fondements de nos connaissances», particularmente los capítulos III y IV.

hace un momento, a propósito de la prolongación indefinida, implícita por nuestra serie. Algunos resultados generales y medios no tardan en manifestarse a través de las separaciones fortuitas que se compensan unas a otras, por el solo poder de los números y de las leyes matemáticas de las combinaciones. Así podemos determinar, muy aproximadamente, por la misma observación el número que mide la «probabilidad matemática» o la «posibilidad», o mejor aún la «facilidad» con que se producirá cada acontecimiento en cuya aparición interviene el azar, probabilidad que no es más que la razón entre el número de probabilidades o combinaciones que deben producirlo y el número total de posibilidades o combinaciones posibles, y que se refiere, no a un punto de vista de nuestro espíritu, a la extensión o limitación de nuestros conocimientos, sino al fondo de las cosas y a la naturaleza de sus relaciones, independientemente del conocimiento que de ellas tenemos.

64. Por último, junto a la noción de probabilidad matemática que se evalúa numéricamente, y se determina de manera empírica con la ayuda de los resultados numéricos, tales como los que llenan las estadísticas, existe, como producto de la alianza constante entre los principios matemáticos y los principios lógicos o puramente racionales (alianza que estamos tratando de destacar especialmente), otra probabilidad no expresada por los números y que, sin embargo, interviene en la mayoría de los juicios que formulamos. Esta probabilidad que llamamos «filosófica» y que en ciertas aplicaciones particulares toma el nombre de «analogía» y de «inducción», depende a la vez de la noción de azar y del sentimiento de orden y simplicidad de las leyes que lo expresan (57). Pero, por otra parte, la probabilidad filosófica difiere esencialmente de la probabilidad matemática, por no ser reductible a números, y esto no se debe a la imperfección actual de nuestros conocimientos de la ciencia de los números, sino a su naturaleza propia y en sí. Las leyes posibles no pueden ser numeradas ni escalonadas como magnitudes, según esa propiedad de la forma que constituye su grado de simplicidad y que da, en grados diversos, unidad, simetría, elegancia y belleza a nuestras concepciones teóricas; sería lo mismo que preguntar cuántas formas simples pueden adoptar los cuerpos, y si la forma de un cilindro es más o menos simple que la de un cubo o de una esfera.

65. En general, una teoría científica cualquiera, imaginada para reunir un cierto número de hechos dado por la observación, puede asimilarse a una curva trazada según leyes geométricas que cumpla la condición de pasar por un determinado número

de puntos dados previamente. El juicio que la razón da sobre el valor intrínseco de esta teoría, es un juicio probable, una inducción cuya probabilidad depende, por una parte, de la simplicidad de la fórmula teórica, por otra, del número de hechos o grupos de hechos que reúne, debiendo incluirse en un mismo grupo todos los hechos que ya se explican unos a otros, independientemente de la hipótesis teórica. Si fuera preciso complicar la fórmula, a medida que nuevos hechos se revelaron a la observación, sería cada vez menos probable, en cuanto ley de la Naturaleza; y pronto no sería más que un andamiaje artificial que finalmente se derrumbaría cuando, por un acrecentamiento de complicación, perdiera hasta la utilidad de un sistema artificial, que es la de ayudar al trabajo del pensamiento y dirigir las investigaciones. Si, por el contrario, los datos adquiridos por observación posteriormente a la construcción de la hipótesis, quedan abarcados por ella, tan eficazmente como los que han servido para formularla, si, sobre todo, los hechos previstos como consecuencias de la hipótesis son confirmados brillantemente por las observaciones posteriores, la probabilidad de esa hipótesis puede ser tan grande que no deja rastros de duda para un espíritu perspicaz.

66. Este acuerdo sostenido no implica, sin embargo, una demostración formal como las que sirven para establecer verdades geométricas, o como la prueba que implican esos silogismos tan trillados, que resonaban en las escuelas aristotélicas. Mientras que la certeza adquirida por medio de la demostración lógica es fija y absoluta, no admite matices ni grados, este otro juicio de la razón, que en ciertas condiciones produce una certeza o convicción inquebrantable, en otros casos sólo conduce a probabilidades que van debilitándose imperceptiblemente, y que no actúan de la misma manera sobre todos los espíritus.

67. En estos primeros capítulos acabamos de pasar revista rápidamente a un grupo o familia de ideas fundamentales, que tienen entre sí relaciones íntimas, que se atraen o suscitan unas a otras, que poseen caracteres comunes e intervienen de la misma manera en la economía de todo el sistema de nuestros conocimientos, pero que también pueden bastarse a sí mismas, y bastar a la construcción de las teorías científicas cuyo tipo perfecto está dado por las matemáticas. No sería inútil mostrar, mediante el cuadro sinóptico que adjuntamos, cómo pueden resumirse o expresarse, de manera concisa, dichas relaciones, tales como resultan de todas las explicaciones que preceden.

EL ORDEN Y LA FORMA

Orden puramente inteligible		Orden fenoménico
Ciencias lógicas	Ciencias	Matemáticas
Ideas de género y de especie. Clasificación. (Silogística). Combinación. (Sintáctica).	Ideas de número, de relación, de magnitud y de cantidad, de medida. (Teoría de los números. Aritmética propiamente dicha. Análisis algebraico o teoría de las cantidades en general).	Ideas de tiempo y de espacio. (Geometría pura). (Cinemática o teoría geométrica de los movimientos).
Ideas de la razón de las cosas, de la ley y del encadenamiento racional, de lo esencial y de lo accidental. (Lógica superior). Clasificación racional. Idea de tipo.	Ideas de la variación de las magnitudes, de las variables y de las funciones que de ellas dependen. (Teoría de las funciones, análisis infinitesimal).	Medida del tiempo. (Aplicaciones de la teoría de las funciones y del análisis infinitesimal a la geometría y a la cinemática).
Idea de azar o de combinación fortuita. Probabilidad filosófica, crítica, analogía, inducción.	Idea de probabilidad. Probabilidad matemática. (Cálculo de probabilidades).	Aplicaciones a la distinción de los movimientos absolutos y relativos, reales y aparentes.

Esta tabla es de las que se llaman «de doble entrada» (*); expresa por medio de una doble disposición, mediante filas o cortes horizontales y columnas verticales, relaciones que no podríamos intuir tan claramente, por una disposición en «serie lineal» o de «entrada simple».

La separación en tres filas divididas por líneas de puntos y no llenas, con el propósito de indicar que no se excluye la transición insensible de una a otra, queda suficientemente justificada por todo lo que antecede, y por la división de nuestro texto en los capítulos correspondientes.

La disposición de los títulos de las columnas tiene como finalidad señalar lo que hay de singular en las relaciones de la columna intermedia y las dos columnas laterales. En efecto, por una parte la aritmética y la geometría, las ciencias del cálculo y las que tienen por objeto la contemplación de las formas de la extensión, componen un grupo demasiado natural para que no

(*) «Essai»... Cap. XVI y XXII.

se las haya asociado en todos los tiempos, bajo el nombre colectivo de «matemáticas». Por otra parte, la ramificación de las matemáticas que tiene por fuente las ideas de número y relación numérica, y que constituye la parte puramente abstracta e inteligible de las ciencias matemáticas, tiene conexiones no menos naturales con la lógica pura, en tanto ésta se relaciona con las ideas fundamentales de clasificación y combinación. Este orden puramente inteligible en el que vemos la correlación sostenida de las ideas lógicas y matemáticas, de un extremo a otro de la serie, contrasta evidentemente con toda aquella parte de las especulaciones matemáticas que se funda sobre la intuición de las formas de espacio y tiempo, que son las condiciones sensibles para la manifestación de todos los fenómenos. En cuanto al grado de abstracción y de generalidad, esta segunda ramificación de las matemáticas está subordinada a la primera como lo está a las ideas generales de la lógica. Por otra parte, la contemplación de las formas del espacio y del tiempo nos es necesaria, dada nuestra constitución psicológica, para describir a la imaginación tanto las ideas generales de la lógica, como las que se refieren a la ciencia de los números y de las magnitudes abstractas.

68. A pesar de la sobriedad de nuestros razonamientos, creemos haber esclarecido las razones esenciales de todas estas conexiones, tan importantes para quien quiere conocer la economía de nuestras ideas y el orden de nuestros conocimientos. Podríamos aventurarnos a decir que estas razones todavía no habían sido explicadas como deben serlo, sondeadas como merecen serlo. Leibnitz mismo, el gran Leibnitz, águila de la filosofía y geómetra creador, ha desconocido el verdadero principio de la alianza íntima de las matemáticas y de la filosofía, cuando ha dicho que las unas dependen del principio de «identidad» y la otra del principio de la razón de las cosas, o, para hablar su lenguaje, el principio de «razón suficiente». Uno y otro principio encuentran su aplicación tanto en matemáticas como en filosofía (*) y ni la razón de las diferencias ni la de las analogías están allí. Se encuentran en la raíz misma de los dos órdenes de ideas, en las dos ideas primeras, íntimamente conexas, o mejor aún, que no son sino las dos fases de una misma idea (8). Lo mismo pasa con el comienzo de toda generación, de todo desarrollo orgánico; y así se justifica el pensamiento que hemos tomado como lema en otra obra (**): «Sophiae germana Mathesis» (***).

(*) «Essai»... Cap. II, in fine.
(**) «Traité élémentaire de la théorie des fonctions et du calcul infinitésimal.»
(***) Anti-Lucret., libro IV, v. 1088.

Capítulo VIII

De lo que sería de las ciencias y de la filosofía, si las ideas a las que se refieren en sus explicaciones, se redujeran a las tratadas en este primer libro.

69. En una obra anterior (*) hemos procurado apreciar particularmente el valor y el papel de cada sentido, considerado como fuente de conocimiento, y para esto, siguiendo el ejemplo de muchos autores, nos hemos tomado la libertad de utilizar el supuesto (novelesco si se quiere) de un ser intelectualmente organizado como lo estamos nosotros, al que, en un primer momento se privara de todo el sistema sensorial, para luego devolvérselo parcial y sucesivamente. Pero, a diferencia de nuestros predecesores, hemos pensado que la mejor manera de comprender el alcance de estas supresiones y restituciones, sería considerar el conocimiento humano, más bien, en el estado de teoría científica que en el estado, algo rudimentario, en que permanece para la mayoría de los hombres, en las condiciones de la vida común. Y en efecto, creemos haber logrado de este modo poner en evidencia hechos que no son indignos de la atención de los filósofos.

Aquí quisiéramos proceder análogamente, pero llevando el análisis y el artificio de las supresiones y restituciones no ya a los órganos de los sentidos, sino a las ideas y nociones fundamentales, con cuya ayuda la inteligencia elabora y emplea los productos de las impresiones sensibles. Por el momento se trata de examinar, sobre todo, en qué se convertirían nuestras teorías científicas y nuestros sistemas filosóficos, si las ideas que les sirven de claves o rúbricas principales fuesen parcialmente abolidas.

Ahora bien; aunque la realización de la hipótesis de tal supresión sea imposible, la comprobación de la experiencia, en un análisis semejante, no nos es imprescindible, porque existen teorías científicas o filosóficas que, evidentemente, no dependen

(*) «Essai»... Cap. VII.

de esa clave o rúbrica, y que permanecerían iguales, aún dada la posibilidad del caso de que esta clave nos faltara.

70. En primer lugar, es claro que podemos deducir de todo lo que precede, que solamente con las ideas que hemos considerado en este primer libro, y aun cuando no tuviéramos ninguna noción de la resistencia de los cuerpos, ni de ningún otro atributo de la materia, ni de los fenómenos de la vida, tal como se producen en nosotros y fuera de nosotros, ni de la moralidad de nuestros actos, sin embargo, podríamos construir todavía el sistema entero de las matemáticas puras, exactamente tal como estamos acostumbrados a concebirlo; no habría que introducir ni el más pequeño cambio en aritmética, álgebra, geometría, cinemática, ni en la teoría de las variaciones de las magnitudes, ni en la de los sucesos aleatorios y las probabilidades. Tampoco habría que introducir cambio alguno en la lógica aristotélica ni en la silogística. Si se suprimiera de nuestro espíritu toda noción acerca de la materia y de los fenómenos de la vida, toda idea de causa y de sustancia, siempre que se conservaran las ideas de combinación, orden, grupos y clases, podríamos reedificar, al mismo tiempo que las matemáticas puras, una teoría del silogismo idéntica a la de Aristóteles.

71. Pero, por encima de esta lógica formal, si no formalista, existe otra, y hemos consagrado una buena parte de nuestra vida a la búsqueda de sus principios y condiciones esenciales; mediante esta lógica nos damos cuenta del valor de las probabilidades que sirven de fundamento a nuestras analogías e inducciones, de las razones que tenemos para distinguir lo absoluto de lo relativo, y en consecuencia, la realidad de la apariencia, de lo que depende de la naturaleza de los objetos concebidos y lo que depende de la estructura de la inteligencia que los concibe. Ahora bien, todo este importante capítulo de la especulación filosófica no exige, como tampoco la silogística, el concurso de ideas distintas a aquellas cuya genealogía hemos estudiado hasta aquí.

Podríamos no tener ninguna noción de la materia y de las fuerzas motrices, del organismo y de las fuerzas vitales, de la causa y de la sustancia, y comprender todo lo que acabamos de indicar, únicamente con los ejemplos que nos sugieren la geometría y la teoría geométrica del movimiento; podríamos tener, asimismo, idea de lo verdadero y lo falso, de los principios y de las consecuencias, del enlace de las cosas y del encadenamiento racional, de lo esencial y de lo accidental, del hecho y de la ley. Nos formaríamos así una filosofía que, al mismo tiempo que se aplica al sistema de nuestros conocimientos de las matemáticas puras, tendría en sí, un alcance mucho más general: filosofía

restringida en comparación con la que ha ocupado el espíritu humano desde hace tantos siglos, porque no abarcaría ni ontología, ni moral, ni teodicea, pero también menos peligrosa, menos expuesta a ilusiones y a vértigos, a disputas verbalistas y a contradicciones.

72. En la hipótesis que discutimos, esta inteligencia, que estaría ciertamente en plena posesión de la idea de «verdad», ¿poseería también la idea de lo «bello» y una estética que podría poner frente a las teorías científicas y filosóficas que hubiese adquirido? (*) ¿Y por qué la respuesta no podría ser afirmativa? ¿Acaso el geómetra no tiene un sentimiento de admiración cuando contempla lo que llama, con fundamento, un hermoso teorema? ¿No califica como elegantes las construcciones, las fórmulas que iluminan mejor la simetría de las relaciones, la unidad y la simplicidad de los principios, en la diversidad de las consecuencias y la complicación de los resultados? ¿Hay necesidad de recordar el sentimiento de admiración de todos los tiempos, producido por la regularidad y la majestuosa sencillez de los movimientos de los astros, haciendo abstracción del brillo y otras cualidades físicas, por las cuales algunos de ellos llaman la atención de nuestra imaginación y nuestros sentidos? No tomando en cuenta sino ciencias tales como la geometría y la astronomía geométrica, nuestra riqueza científica se encontraría por cierto disminuída, pero también en cierto modo depurada, porque conservaríamos exclusivamente los tipos más perfectos de la construcción científica; aun nuestra estética, mucho más limitada en su dominio, se ennoblecería, por decirlo así, con la grandeza de las ideas y la sublimidad de los objetos que por sí solos nos sugerirían la noción de belleza.

Esto nos indica ya, que con esta noción ocurre lo mismo que con la de unidad (9) y la de infinito (23). Pertenece asimismo a una clase de nociones o ideas que volvemos a encontrar diversamente modificadas, en las distintas etapas del sistema de los conocimientos humanos, de manera que solamente podemos captar adecuadamente su naturaleza, siguiéndola en sus aplicaciones progresivas. Se asemejan a plantas, que sacan sus jugos del árbol en el cual arrojan sin cesar, a medida que se elevan, nuevas raicillas, y así recogen a distintas alturas, jugos diversamente elaborados.

Un poco más arriba hablábamos del sentimiento de belleza, sugerido por la contemplación de los movimientos celestes: bajando a tierra y pasando de las obras de la Naturaleza a las del hombre, de la ciencia y de la filosofía al arte propiamente dicho,

(*) Aristóteles. Metafísica, XIII, 3.

podemos igualmente observar lo que sucede con la idea de lo bello, mientras el campo de la estética se empequeñece o se agranda, a medida que perdemos o adquirimos otras ideas fundamentales. Pongámonos frente a las imponentes ruinas de un templo egipcio o griego, y borremos de él todo vestigio de bajo relieve o pintura: quedarán las líneas, cuyas proporciones majestuosas que, acusan por otra parte, la unidad del plan y la subordinación de los detalles al conjunto, nos dará una idea de belleza, pero de una belleza más abstracta que la que provocaría nuestra admiración por la contemplación de las obras de escultura o pintura que adornaban el templo. La percepción de lo bello, en esta clase de obras de arte, supone el conocimiento de las obras de la Naturaleza viviente y animada, y de los medios para extraer de una forma plástica, las expresiones de una idea moral; el arquitecto no tiene más que utilizar las ideas que le da la geometría, para poner ante nuestros ojos el tipo de belleza severa que comporta ese mundo abstracto e ideal.

73. Tratemos de llevar un poco más adelante el análisis de una estética así simplificada, y, por lo tanto, más accesible a dicho análisis; y bien, por ser la geometría la ciencia de las formas por excelencia, sería interesante comprender qué es lo que constituye la belleza de una forma, reducida al rasgo geométrico.

En primer lugar, está claro que sería pueril comparar, en lo que toca a belleza, formas que no son de la misma «especie»: la forma de un círculo y la de un cuadrado, la forma de una elipse y de un rectángulo, mientras que podrían compararse la elipse y el círculo o las elipses entre sí.

En segundo lugar, advertimos que estaremos de acuerdo en no considerar como bellas, formas de elipses que se parecen demasiado a un círculo, o un rectángulo que se acercase demasiado a un cuadrado; esto lo comprendemos fácilmente, considerando que es necesario que el espíritu capte, para quedar satisfecho, un «motivo» de orientación, una razón aparente y clara de la desigualdad entre los dos lados de un rectángulo, entre los dos ejes de la elipse; de otro modo, ¿por qué alejarse de la simetría más completa del cuadrado y del círculo? Tampoco la elipse o el rectángulo muy alargados se considerarán formas bellas, y serán utilizadas (como el rectángulo muy alargado para el arriate de un jardín) solamente cuando haya una razón evidente para emplearlos, pero sin ninguna pretensión en cuanto a la belleza del trazado. Entre esos dos extremos, habrá relaciones tales, entre los lados del rectángulo y los ejes de la elipse, que darán mayor belleza o gracia a la forma rectangular o elíptica; y la observación comprobará qué ocurre con estas pro-

porciones que llevan aparejada la belleza, lo mismo que con las relaciones armónicas de los sonidos: para unos y otros la simplicidad de las relaciones matemáticas constituye el principio, la razón esencial del sentimiento de belleza.

74. Las necesidades de nuestras artes físicas, la naturaleza del fin que persiguen, los materiales que emplean, darán el «motivo» o tipo específico de la forma, y la razón que nos lleva a elegir entre las variantes de este tipo, para cumplir con las condiciones de belleza, será generalmente una razón matemática, abstracta, del tipo de las que acabamos de indicar.

El frontón griego y el «piñón» gótico tienen motivos arquitectónicos que determinan para uno la elección de un triángulo cuyo vértice es obtuso, y para el otro, un triángulo cuyo vértice es agudo, pero admitidos estos motivos y una vez constituídos los tipos, hay razones puramente estéticas e ideales para preferir en cada tipo, una determinada apertura angular.

Consideremos un recipiente destinado a contener líquidos pesados: su forma debe satisfacer la condición de la estabilidad del equilibrio, debe poseer cosas que facilitan su transporte; he ahí el motivo, el conjunto de condiciones físicas, que pueden ser satisfechas de muchos modos diferentes, dando por resultado un utensilio grosero, o bien ganando la admiración de quienes tienen el sentimiento de la pureza y la gracia de las formas. Un sistema arquitectónico de aberturas y de arcadas puede obedecer a motivos físicos, tales como procurar el acceso a un edificio, o hacerle llegar aire y luz, o atravesar un río o un valle, tomando según los casos el nombre de pórtico, puente, o viaducto: de allí derivarán tipos específicos que podrán diversificarse todavía, según las condiciones económicas y la naturaleza de los obstáculos que deben ser vencidos: el artista aceptará el motivo, el dato físico, y su genio procurará el más puro ejemplar del tipo impuesto.

75. Esas condiciones no se aplican únicamente a los contornos geométricamente determinados. He ahí puntos diseminados caprichosamente sobre una hoja de papel, y debemos reunirlos en un trazado continuo, mediante una línea ondulante: un dibujante puede sacar de este «motivo» un contorno gracioso, mientras que otro puede fracasar por falta de experiencia manual, o por tener menos afinado el sentimiento de la continuidad de las formas y de la delicadeza de las inflexiones.

Así, los meandros de este arroyo son más gráciles que los de aquél. Un hábil dibujante de parques elige primeramente sus «motivos» físicos: un árbol hermoso, una elevación del terreno, un cantero de rocas, una casita, luego. el trazado del contorno de

la avenida serpenteante es cuestión de geometría estética; no de la geometría que emplea el compás y la regla, el nivel y el cordel, sino de la que comprende todas las condiciones de la continuidad de las formas.

76. A la idea de «verdad» y a la de la belleza, los filósofos acostumbran a asociar la idea de «bondad», pero es claro que ésta supone la posesión de ideas morales, o por lo menos, de aquellas ideas que dependen de nuestra constitución orgánica y del modo físico de nuestra sensibilidad. Todavía no hemos hablado de las ideas que se agrupan bajo esas diversas categorías, y en consecuencia, hay que decir que la supresión de todas las ideas que no sean las que hemos tratado hasta ahora, al mismo tiempo que permitiría la subsistencia de las ideas de verdad y de belleza, entrañaría la abolición de la idea de bondad, y ésta, en consecuencia, no sería comparable por su grado de generalidad y persistencia, a aquellas con las que es agrupada habitualmente.

77. Una ciencia de origen remoto, como es la astronomía de los antiguos, nos ofrece un ejemplo notable de un cuerpo de doctrina científica que se refiere, no ya a concepciones abstractas, sino a fenómenos cósmicos, y que, sin embargo, no se funda para la coordinación y explicación de los fenómenos más que sobre las ideas que ya hemos tratado. Según la concepción que prevalecía en la antigüedad, los astros o cuerpos celestes no tendrían ninguna de las propiedades de los cuerpos sublunarse y, en efecto, hasta que el uso del telescopio puso en evidencia determinadas analogías, podía razonablemente dudarse de que estos objetos, con los cuales solamente podemos establecer un contacto mediante el sentido de la vista, se asemejarán en sus propiedades fundamentales, a los cuerpos que tocamos y movemos. Feliz osadía la de los grandes físicos del siglo diecisiete que así lo supusieron y convirtieron a la astronomía, gracias al triunfo de esta tentativa, en una rama de la mecánica y de la física. Los antiguos imaginaban ciertas combinaciones de movimientos reales para explicar las apariencias astronómicas, y partiendo de las combinaciones adoptadas, como de otras tantas definiciones o hipótesis, y de las velocidades observadas como de otros tantos datos numéricos, determinaban las posiciones de los astros en un momento dado, la época de una oposición, de una cuadratura o de una elipse. La idea fundamental de la mecánica, a saber, la de la fuerza motriz, era ajena a esta teoría; las hipótesis de los antiguos astrónomos (por lo menos de aquellos para quienes la astronomía era una ciencia y no un sueño mitológico o poético) implicaban la idea de ley, es verdad, pero no la de fuerza. Así,

la astronomía de los antiguos, desde Hiparco hasta Copérnico y Tycho inclusive, nos ofrece el tipo de una teoría científica fundada sobre ideas puramente matemáticas y no físicas, y sobre ideas racionales de la misma familia, a saber, sobre la noción de ley de razón de las cosas, como sobre el sentimiento de la probabilidad que debe hacer preferir esta hipótesis a tal otra, para dar cuenta de las apariencias observadas. La transición de la astronomía de los antiguos a la astronomía moderna, por influencia de las ideas de Kepler, Galileo y Newton, nos muestra cómo una ciencia se transforma mediante el empleo de una nueva clave que el espíritu humano no poseía anteriormente, o que no empleaba para la ciencia en cuestión.

78. Otro tanto podríamos decir con respecto a la música y la óptica de los antiguos, ciencias que ordenaban entre las matemáticas, junto a la astronomía, y que eran efectivamente para ellos ciencias matemáticas y no físicas. Hoy todavía podríamos hacer caso omiso de los que nos enseñaron los descubrimientos modernos sobre las causas de los fenómenos de sonido y de luz, y tratar la música y la óptica a la manera de los griegos, fundando la una únicamente sobre leyes aritméticas y relaciones numéricas, y la otra únicamente sobre leyes geométricas. La concesión de estas leyes geométricas y aritméticas sería muy clara, aun cuando no poseyéramos las nociones comunes sobre materia y fuerza, o las nociones científicas hoy admitidas sobre la constitución molecular de los cuerpos y sobre la del medio etéreo. Al mismo tiempo es preciso admitir que el espíritu penetrante de los griegos había captado, de primera intención, casi todo lo que en nuestras modernas ciencias físicas podría ser concebido y construído de manera científica, nada más que con las matemáticas, independientemente de las ideas que nos sirven de clave para la explicación física de los fenómenos. Sería posible tratar la electricidad, el calor, las combinaciones químicas, si penetráramos en las causas físicas de dichos fenómenos tan poco como Pitágoras y Euclides penetraban las causas físicas de las consonancias y de la reflexión de los rayos luminosos. En la lista de las ciencias de origen moderno no se ve, para agregar a la lista de los griegos, sino la cristalografía, que también puede llevarse muy lejos como la música y la óptica antiguas, basándose únicamente en caracteres formales, en definiciones inteligibles por la sola geometría, y que permitirían apartar toda investigación sobre las causas físicas de los fenómenos de cristalización. Por otra parte, los mismos griegos habían presentido la existencia de esta teoría matemática; las especulaciones pitagóricas y platónicas sobre los «cuerpos regulares» contenían su germen, y

si los filósofos griegos se equivocaron en esta primera tentativa, por falta de observaciones suficientes, no por eso admiramos menos la sagacidad de esos hombres, llamados divinos en su época, que adelantaban en más de veinte siglos los descubrimientos de nuestra edad.

79. Si borramos del espíritu humano las ideas sobre las que se fundan las explicaciones físicas de los fenómenos o la filosofía de las causas y de las sustancias, hacemos desaparecer también las cuestiones de «origen» y todo lo que se refiere al elemento histórico de nuestro conocimiento, tal como hemos tratado de definirlo en otra parte (*). Es claro que ciencias puramente abstractas, como la geometría o la lógica, no reclaman ni admiten ningún dato histórico. Aun entre las ciencias que, como la astronomía de los antiguos, a pesar de tener como objeto fenómenos naturales no presuponen más que la noción de ley y no la de fuerza o causa motriz, ni la investigación de la constitución física de los cuerpos, no deben presentarse cuestiones de origen. Si los antiguos han promovido problemas semejantes, aun a propósito de los astros, ya no era en calidad de astrónomo, sino de físicos o teólogos.

Como astrónomos estaban imbuídos en la idea de que los movimientos de los astros están esencialmente sometidos a la ley de periodicidad, idea que el regreso periódico de las estaciones, de las fases lunares, de las salidas y puestas heliacas de las estrellas, debía sugerir naturalmente a esos espíritus contemplativos. Y como los períodos astronómicos generalmente conocidos, los que se presentan al común de los mortales, vuelven a llevar a todos los astros exactamente a sus primeras posiciones, creían en la existencia de períodos más largos y, sobre todo, en un «gran año», después de cuya revolución todos los movimientos celestes volverían a empezar exactamente del mismo modo y en el mismo orden. Desde luego, se ve que la idea de semejante reproducción periódica e indefinida, en el pasado y en el futuro, excluyen toda idea de comienzo y de fin, o, por lo menos, la hace superflua y exime de toda investigación sobre problemas de origen. No podemos sino admitir, como muchos lo hacen, que el mundo se mueve eternamente con un movimiento circular y periódico, porque está en su ley, en la necesidad de su esencia, el que se mueva así. Otros, sin embargo, combinando la idea de un gran año y el de un caos o época de confusión que contrasta con el orden actual, admitían retornos periódicos del caos, alternativas regulares de la destrucción y reconstrucción de los mundos. Se fundaron sistemas

(*) «Essai»... Cap. XX.

religiosos sobre esta doble concepción, desarrollada con la riqueza exuberante de la imaginación oriental.

80. Por extravagantes que parezcan estos sistemas, y así deben parecernos en el estado actual de nuestras ciencias, nada tienen que no sea lógicamente conciliables con una cosmología puramente matemática y racional y no física. Si en la astronomía física de los modernos las cuestiones de origen se presentan inevitablemente, es que la necesidad (que se pretende esencial) del movimiento circular y periódico se reconoce como incompatible con las propiedades físicas de los cuerpos; es que toda explicación mecánica de los fenómenos exige que se distinga, y que se relacione con distintos tipos de explicación, la ley de las fuerzas a las que los cuerpos se someten necesariamente y los «datos» o las «circunstancias iniciales» del movimiento. Es, por último, que nuestros conocimientos sobre la estructura física de los cuerpos celestes han avanzado lo suficiente como para que sepamos pertinentemente que esos cuerpos no han tenido siempre el estado presente; de manera que hay que explicar, por causas físicas, el paso del estado antiguo al estado actual, cualquiera sea la estabilidad del orden actual en el porvenir. Tendremos que volver sobre estas consideraciones al proseguir nuestra síntesis, y mostrar cómo, a medida que nos elevamos a clases superiores del sistema de nuestros conocimientos, la importancia del elemento histórico aumenta progresivamente hasta igualar o sobrepasar la importancia del dato teórico.

LIBRO SEGUNDO

LA FUERZA Y LA MATERIA

Capítulo I

De las ideas de fuerza y del consumo de fuerza.

81. La idea de fuerza, cuyas transformaciones tan variadas estudiaremos en la continuación de esta obra, y que es invocada bajo tantos aspectos diferentes en el discurso ordinario y en lenguaje científico, literario o filosófico, proviene originariamente de la conciencia del poder que tenemos, de imprimir movimientos a nuestro propio cuerpo, y a los cuerpos que nos rodean, unida al sentimiento íntimo del esfuerzo o de la tensión muscular, que es la condición orgánica del despliegue de nuestro poder motor. La fuerza es lo que hace mover o tiende a hacer mover el cuerpo; el cuerpo es lo que resiste, y aquello cuya resistencia, a veces insuperable, no puede, en ningún caso, ser vencida, sino por el despliegue de la fuerza. Si no tuviéramos más que el sentimiento del esfuerzo muscular, sin la conciencia de nuestra actividad voluntaria, no nos elevaríamos hasta la concepción de una idea, principio de explicación filosófica y científica. Por otro lado, si no tuviéramos el sentimiento íntimo del esfuerzo muscular, el espectáculo del mundo, del que gozaríamos por intermedio de nuestros sentidos externos, podría sugerirnos la noción de la extensión, de las figuras y de los movimientos; pero la idea fundamental de la mecánica y, por consiguiente, las ideas fundamentales de la física, como de muchas otras teorías más o menos modeladas sobre la física, se nos escaparían completamente.

A pesar de esta consecuencia, captada por la razón, no puede comprobarse experimentalmente, ya que no nos es dado realizar la hipótesis de un hombre que goce del espectáculo del mundo por sus sentidos externos, principalmente la vista, y al mismo tiempo esté absolutamente privado, ya de la conciencia de una intervención activa, ya del sentimiento íntimo del esfuerzo muscular, es, sin embargo, lícito decir (77) que la Naturaleza ha realizado hasta cierto punto esa hipótesis, colocando los cuerpos celestes a tal distancia del hombre, que su brillo y movimientos caen bajo sus miradas, sin que pueda de ningún modo llegar

hasta ellos, tomarlos, en lo que a estos cuerpos se refiere, ni utilizar su poder como agente mecánico.

82. La noción de fuerza y la de cuerpo, como acabamos de observarlo, son correlativas y se implican mutuamente. Pero una de ellas puede desarrollarse sin que sea necesario profundizar la otra. Se concibe fácilmente un orden de especulaciones teóricas, cercano a la geometría pura, y en el que se podría hacer abstracción de los caracteres físicos por los que las fuerzas difieren entre sí, para considerar solamente su intensidad, su dirección y las situaciones relativas a sus puntos de aplicación. La fuerza muscular de un hombre que levanta un cuerpo de abajo hacia arriba, equilibra la acción de un peso que lo atrae de arriba hacia abajo; un peso mantiene cerrada la válvula de la caldera que la tensión del vapor contenido en ella tiende a abrir; la presión ejercida por el despliegue de fuerza muscular o por la elasticidad de un resorte metálico sirve, en caso de necesidad, para equilibrar la tensión de vapor, y así sucesivamente. Podremos, pues, considerar como equivalentes, por lo menos en cuanto a su poder para equilibrarse mutuamente, y, por consiguiente, para evaluar en kilogramos la fuerza muscular, la tensión del vapor y la elasticidad del resorte. La misma palabra «equilibrio» y su etimología latina indican suficientemente que la atención de los hombres, en lo que se refiere a equilibrio y a fuerzas capaces de equilibrarse, se fijó primeramente en los pesos. Por misterioso que sea el principio del peso de los cuerpos, el peso es la fuerza que actúa más constantemente sobre nosotros, la que nos es más familiar y cuya medición es más cómoda. Hasta podemos dirigir artificialmente su acción, según nuestra voluntad, por medio de un sistema de poleas, sobre las que se desarrollan los hilos o cuerdas a los que están atados los pesos, y gracias a este artificio, es lícito suponer que las fuerzas que solicitan un cuerpo o un sistema de cuerpos en equilibrio, cualquiera sea la dirección y modo físico de la acción, son reemplazados por pesos equivalentes.

Cuando fuerzas tales como las que acabamos de considerar no se equilibran, e imprimen a los cuerpos que solicitan un movimiento efectivo, al cabo de un tiempo finito, sólo le imprimen una velocidad finita, tanto más pequeña cuanto menos tiempo el cuerpo haya sufrido su acción, y como estas fuerzas no han cesado de actuar sobre el cuerpo de manera continua durante ese intervalo de tiempo, debemos concluir que las velocidades que imprimirían durante un tiempo excesivamente pequeño serían asimismo excesivamente pequeñas (56).

83. Cuando estudiamos cómo actúan las fuerzas y cuáles son los diversos efectos mecánicos que son capaces de producir, bien pronto tenemos que encarar la fuerza bajo dos aspectos diferentes: ya como algo que subsiste y que usamos indefinidamente sin consumirlo, como cuando empleamos pesos que se equilibran unos a otros; ya como algo que se consume o se «gasta» en razón del uso que de él hacemos para producir ciertos movimientos, u operar en los cuerpos determinadas transformaciones. Estableciendo esta distinción, los mecánicos están completamente de acuerdo con los jurisconsultos y los economistas, a pesar de que las investigaciones de unos y otros tengan objetos bien diferentes.

Por ejemplo, se «da cuerda» al resorte de un reloj de péndulo, y el resorte al desenvolverse es capaz de hacer mover el péndulo; pero así consume su fuerza y ésta se agota, y una vez agotada, es decir, cuando el resorte ha vuelto a su estado primitivo, hay que darle cuerda otra vez si se quiere que el movimiento continúe. Por el contrario, los resortes de un mueble de asiento pueden servir indefinidamente para el uso al que se los destina, por lo menos mientras no se altere su estructura física, como sucede necesariamente con el tiempo (lo mismo que para el resorte del péndulo), por causas de las que no nos ocuparemos por ahora.

La fuerza del resorte que hace funcionar al aparato de relojería es a menudo reemplazada por un peso, y el peso, al descender desde una altura determinada, llena exactamente el mismo oficio que el resorte al desenvolverse; también hay que volver a darle cuerda cuando ha llegado al final de su trayecto, como se da cuerda al resorte, si se quiere que continúe siendo útil; por el contrario, el peso que aplicamos a los cuerpos que queremos prensar, puede ser abandonado a sí mismo y continuará actuando de igual modo, durante un tiempo indefinido, o por lo menos mientras él mismo no sufra la lenta degradación debida a los agentes atmosféricos. Otro tanto podemos decir de la prensa hidráulica, en la que la presión de la columna líquida actuaría como una fuerza inagotable, mientras que el agua acumulada en un depósito del que se escapa con fuerza, poniendo en juego una rueda hidráulica, actúa a condición de agotarse y cesa pronto de actuar si no se tiene cómo renovar el aprovisionamiento del depósito.

Un gas o vapor comprimidos ejercen contra las paredes del recipiente que los contiene, contra las válvulas o pistones que se oponen a su expansión, una presión cuya duración no está limitada por nada; pero si las paredes se distienden, si los pistones tienen juego, el flúido elástico, por su expansión gradual,

excederá gradualmente la fuerza contenida y que no se le puede devolver, a menos de someterlo a una nueva compresión.

84. Hace un momento observábamos que las fuerzas que difieren más por sus caracteres físicos pueden ser consideradas iguales o equivalentes, en cuanto pueden reemplazarse las unas por las otras, sin perturbar el equilibrio de los cuerpos a los que se aplican. Ahora bien, volvemos a encontrar una equivalencia semejante entre los consumos de fuerza, a pesar de la diferencia de naturaleza de los agentes físicos. La extensión de un resorte, por ejemplo, puede emplearse para remontar un peso hasta cierta altura, y el peso, al bajar, puede servir para extender el resorte. La expansión del vapor o de un gas se emplea para poner en juego una bomba que eleva hasta determinada altura un peso de agua, cuya caída podría ser utilizada para poner en marcha una máquina destinada a comprimir el gas o el vapor.

De aquí se sigue que la fuerza que se consume puede también acumularse, y por decir así, almacenarse. Supongamos que se trate de una fuerza cuyo consumo no podemos regular a nuestro antojo, para emplearla del modo y en el momento en que nos convenga: ¿no podemos, acaso, de acuerdo con la observación que acabamos de hacer, transformarla en otra, cuyo consumo y empleo podríamos regular después? Así, un curso de agua natural que tiene intermitencias y crecidas que no podemos dominar, o la fuerza impulsiva del viento, de la que podemos disponer todavía menos, serían, si quisiéramos, empleadas para elevar a un depósito una masa de agua, cuyo consumo podríamos regular después en la justa medida de nuestras necesidades y de los efectos útiles que se trata de producir.

De acuerdo con esta importante observación, podemos edificar una teoría de las máquinas, no ya (como en cinemática) en tanto sirven únicamente para transformar los movimientos unos en otros (32), sino en cuanto pueden regular los consumos de fuerza, y transformar unas en otras las fuerzas que la Naturaleza pone a nuestra disposición, y esto es lo que constituye en realidad el objeto de la dinámica industrial.

85. Nada prueba, sin duda, que las transformaciones de las fuerzas unas en otras puedan tener lugar sin una merma; más aún, no resulta difícil reconocer, sin necesitar para ello una discusión profunda, que una pérdida cualquiera es físicamente inevitable. Pero, por lo menos, parece evidente que no podría resultar de estas transformaciones ningún aumento de la fuerza consumible, y que la intervención de instrumentos

pasivos no podría conseguir, por ejemplo, que el peso de un kilogramo al bajar de un metro sirva, ya directamente, ya por operaciones intermediarias o cualquier cantidad de cambios de fuerza, para llevar dos kilogramos a la misma altura de un metro, los cuales, a su vez, podrían, por la misma razón, servir para llevar cuatro kilogramos a la misma altura de un metro, y así indefinidamente. Hay en este acrecentamiento indefinido de las potencias activas de la Naturaleza, por el solo empleo de instrumentos pasivos, algo que choca contra las nociones fundamentales de la razón y que rechazamos, no solamente como contrario a la experiencia, sino como absurdo. Examinaremos luego más a fondo este principio y sus consecuencias.

86. Para designar la fuerza que se consume con el uso que de ella hacemos, Léibniz ha creado la denominación de «fuerza viva» y, por el contrario, llama «fuerza muerta» la que puede actuar sin producir movimiento y sin agotarse durante un tiempo indefinido, como la presión de un peso. El inconveniente de estas denominaciones consiste en hacer intervenir la idea de fenómenos vitales (con el peligro de oscurecer lo que queremos aclarar) en un orden de fenómenos que la vida implica pero que, por el contrario, no supone de ninguna manera la existencia de seres vivos, a pesar de que la noción de fuerza nos haya sido sugerida en primer lugar (81) por el sentimiento de una acción vital que nos es propia. En verdad, la expresión de Léibiniz parece ser adecuada en lo siguiente: el carácter sobresaliente de las fuerzas vitales (carácter al que nos referiremos muy a menudo a continuación) es el de agotarse cuando entran en acción; pero, por otra parte, las fuerzas que los animales despliegan, voluntaria o involuntariamente, difieren de las fuerzas físicas entre las cuales hemos preferido tomar nuestros ejemplos anteriores, precisamente porque se usan y gastan, aún cuando actúan de la misma manera que las fuerzas físicas, que no comportan ni gasto ni debilitamiento. Un peso que estuviera al abrigo de las influencias atmosféricas puede servir indefinidamente, sin la menor pérdida, para equilibrar otro peso o comprimir un cuerpo prensable; lo mismo sucede con la fuerza expansiva del vapor, de un gas o de un resorte metálico, mientras que la fuerza muscular de un hombre o un animal se agota, tanto cuando es empleada para comprimir un obstáculo, mantener en equilibrio una máquina o soportar una carga sin moverse del lugar, como cuando es utilizada para elevar un peso o arrastrar una carga, caminando en el sentido en el cual se ejerce la tracción. En uno y otro caso, el animal necesita tiempo o reposo para reparar sus fuerzas agotadas.

En nuestro tiempo, sabios prácticos, ingenieros geómetras que manifestaban un marcado espíritu positivo y una decidida oposición por la metafísica han vuelto a tomar, sin embargo, a su manera, las ideas de Leibniz; la denominación elegida por este sabio, teniendo en cuenta especialmente las aplicaciones a la filosofía natural, fué substituída por otra, que caracteriza mejor el fin práctico de sus investigaciones y el espíritu de nuestro siglo. Llamaron, y siguiendo su ejemplo llamamos hoy comúnmente, «cantidad de trabajo» (*) lo que constituye precisamente la cantidad de fuerza que puede ser consumida, según la idea que debemos tener de ella, de acuerdo a las explicaciones que preceden. Tomamos como término de comparación o «unidad de trabajo» uno de esos consumos de fuerza que pueden convertirse unos en otros, y, naturalmente, aquel del que poseemos una idea más simple, a saber, el que tiene como resultado elevar un peso dado a una altura dada, por ejemplo, el peso de un kilogramo a la altura de un metro; con unidades semejantes se evalúa el trabajo de un resorte metálico que se afloja, o un vapor que se expande, lo mismo que el trabajo animal empleado como fuerza motriz. En el fondo, los inconvenientes de esas expresiones son los mismos que los que acabamos de señalar, a propósito de la denominación de «fuerza viva»; y se deben igualmente a que en el juego de las fuerzas animales cuya idea es traída por la palabra «trabajo», existen condiciones que deben ser totalmente descartadas, si queremos evitar todo equívoco y toda oscuridad en la exposición de los principios generales de la mecánica.

Si un hombre lleva una carga sin cambiar de lugar o caminando a lo largo de un camino horizontal, no trabajará en el sentido en que hemos definido técnicamente esta palabra; en cambio, trabajará si el camino se hiciera ascendente, o si arrastrara una carretilla para llevar la misma carga a lo largo del camino horizontal. En efecto, en el primer caso se habría elevado el peso a una altura igual a la diferencia de niveles entre el punto de partida y el punto de llegada; en el segundo caso, la tracción ejercida para vencer el frotamiento del camino y las otras resistencias, es comparable a la que serviría para elevar por medio de una polea r, de una altura precisamente igual a la longitud del camino recorrido, un cierto peso P, convenientemente determinado. Sin embargo, según la acepción ordinaria de los términos, este hombre gasta trabajo y fatiga (y para él, que lo emplea, hay una tarea cumplida),

(*) Hablando rigurosamente, la definición de fuerza viva y la de cantidad de trabajo no son equivalentes; la medida de la «fuerza viva» de Leibnitz es equivalente a la medida de «trabajo» de los mecanicistas modernos; pero esto no cambia en nada el fondo de las explicaciones.

tanto, cuando permanece en el mismo lugar como cuando camina; cuando se eleva el nivel del camino o cuando éste no cambia; cuando lleva la carga sobre sus espaldas o bien al arrastrar la carretilla; por otra parte, sólo usa la carretilla para disminuir su fatiga y trabajo.

La definición de nuestros ingenieros no es menos justa cuando se trata de una mecánica y de una industria perfeccionada y de una buena organización del trabajo mecánico. Un hombre se cansa y, por cierto, está efectuando un trabajo cuando mantiene un peso en equilibrio sin moverse de lugar; pero a nadie se le ocurrirá, en una industria perfeccionada, emplear para esto el trabajo de un hombre y pagarle, cuando es suficiente colgar un peso que no se cansa para obtener el mismo resultado. Si en una fábrica bien instalada es preciso transportar frecuentemente cargas como sacos de trigo o carbón, en un plano horizontal, no se utilizará para este servicio el trabajo de un hombre; se construirán carretillas que corran sobre rieles y se tratará de disminuir los frotamientos, de tal manera, que la cantidad de fuerza viva o de trabajo mecánico consumido en este determinado servicio de la fábrica se reduzca a casi nada; en cambio, si hubiese que elevar esas cargas verticalmente, no se podrá ni evitar ni reducir el consumo de trabajo mecánico correspondiente a la altura de la elevación, en virtud de la definición dada, sin perjuicio del consumo adicional para vencer los frotamientos.

87. «Es la fuerza viva lo que se paga», ha dicho Montgolfier, y en una buena organización de la industria sólo debe emplearse y, por consiguiente, pagarse, la fatiga o el trabajo del hombre en cuanto agente mecánico, siempre que haya producción de trabajo mecánico y en razón de la cantidad del trabajo producido, tal como lo hemos definido técnicamente. En cuanto a esta definición, hay que observar, por una parte, que la función común de las máquinas que no pertenecen a la clase de las máquinas instrumentos, de las que hemos hablado más arriba (32), es la de elevar cargas o de vencer resistencias continuas de la misma especie; por otra parte, aun cuando las aplicamos a otros trabajos, como, por ejemplo, moler granos, aserrar maderas, pulverizar carbón, revolver materias pastosas, esos efectos tan diversos se resuelven siempre en un consumo de trabajo mecánico o fuerza viva. Y ya que la fuerza viva es algo que no solamente se gasta, sino también se recoge, conserva, almacena, transmite, intercambia, fracciona y mide, habría que ser realmente muy poco versado en ciencia económica y desconocer la necesidad que el hombre tiene de medidas en todas las cosas (13) para no ver que, por esta sola razón, la fuer-

za viva tendría que convertirse en patrón dinámico, aun cuando el servicio más habitual de las máquinas no se midiera directamente por la fuerza viva. Es en virtud de propiedades análoga que los metales preciosos sirven como patrones para toda suerte de valores comerciales, no siendo, ni remotamente, los artículos cuyo consumo directo es el más útil ni el más imperiosamente reclamado por nuestras necesidades.

Así, la idea de fuerza viva, reducida a lo que ella tiene de esencial, despojada de todas las imágenes o ideas accesorias que podrían ser evocadas por una denominación impropia, nos da la clave de la mecánica industrial.

¿Debe darnos también la clave de la mecánica filosófica? Ya podríamos presentirlo, porque cuando el hombre logra introducir el orden más adecuado en los hechos que gobierna, en las ciencias que instituye para las necesidades de las aplicaciones que le interesan, es generalmente porque al mismo tiempo ha captado el orden y las relaciones de las cosas en sí mismas, independientemente de sus aplicaciones útiles. Más adelante tendremos varias oportunidades para poner esta idea de relieve, y mostrar la correlación entre las leyes de la Naturaleza y las de la industria humana, entre los mecanismos naturales y nuestros instrumentos artificiales. Pero no tenemos por qué reducirnos a esta única inducción. Podemos establecer directamente (y éste será uno de los objetos de los capítulos siguientes) la importancia filosófica que se relaciona a la noción de trabajo mecánico o de consumo de fuerza, mostrando cómo las verdades de la ciencia se unen mediante esta noción fundamental. En efecto, no hay más prueba del valor de las ideas que su misma fecundidad y la regularidad del sistema cuya clave constituye (57).

88. El tiempo no interviene en la idea que tenemos de la fuerza viva o del trabajo, ni en consecuencia en las definiciones que damos de él, pero interviene necesariamente en la idea de una «fuente» de fuerza viva o trabajo. El agua acumulada en un depósito, a un cierto nivel, desde donde puede caer a un nivel inferior, cuando queremos utilizarla como motor, nos da la idea de un aprovisionamiento de fuerza disponible; el volumen de un curso de agua que corre sin cesar, desde un nivel dado a un nivel inferior, nos da la idea de una fuente de trabajo. Sentimos la necesidad de comparar la fuerza de ese curso de agua con la de algún otro y decimos que la fuerza del curso de agua es capaz de elevar en la unidad de tiempo (en un día, por ejemplo) tantos kilogramos a tantos metros de altura. He ahí una nueva acepción de la palabra «fuerza», según la cual el tiempo interviene en la medida de la fuerza. Un animal de

tiro es también una fuente de trabajo, que se medirá teniendo en cuenta la cantidad de fuerza viva que pueda producir por día, de manera continua, sin que su salud esté en peligro, y siendo alimentado y cuidado de manera conveniente. Una máquina a vapor está construída para trabajar de manera constante, con determinada alimentación de combustible, para suministrar por día tantas unidades de fuerza viva o de trabajo; y cuando se habla de la fuerza de una máquina a vapor, comparada con la que de un curso de agua o de un animal de tiro, se trata, precisamente, de esta fuerza, en la que el tiempo entra como «factor», es decir, como una fuente de fuerza viva.

Comparada con la simple idea de fuerza viva, la idea de una fuente de fuerza viva o de trabajo (o por lo menos la aplicación de esta idea), supone manifiestamente un conocimiento más profundo de la economía de los fenómenos naturales y de las cualidades concretas de los agentes empleados por la Naturaleza. Ella nos da el primer y más sencillo ejemplo de la distinción tan importante que debemos hacer entre las cosas cuya provisión se agota y aquellas que la Naturaleza reproduce o regenera, a medida que se consume o se gastan en las condiciones del mundo en que vivimos.

CAPÍTULO II

De los principios de la estática, o de la teoría del equilibrio de las fuerzas (*).

89. Cuando echamos una ojeada sobre los axiomas y los principios que sirven de fundamento a la estática, observamos en primer lugar este hecho singular: hay, desde el punto de vista de la forma matemática, una perfecta identidad, una correlación exacta, entre la estática o teoría del equilibrio de las fuerzas y la cinemática o teoría geométrica de los movimientos. Así, estos axiomas de estática: «Dos fuerzas iguales y contrarias se equilibran», «una fuerza puede ser transportada, sin perturbar el equilibrio existente, desde su actual punto de aplicación a otro punto rígidamente unido al primero y tomado sobre la dirección de la fuerza», etc.; corresponden a estos axiomas de la cinemática: «Dos movimientos iguales y contrarios dejan al móvil en reposo absoluto en el espacio absoluto», «se puede substituir la velocidad propia de un móvil por la velocidad de «arrastre» que tomaría como consecuencia de su unión con otro punto móvil tomado en la dirección del primer movimiento, y que tendría como movimiento «propio» el que le ha sido quitado al primer móvil», etc.

La misma correspondencia se sostiene cuando, de los axiomas propiamente dichos, se pasa a los teoremas fundamentales de una y otra ciencia; y entonces es fácil comprender que la identidad de los axiomas y de los teoremas fundamentales debe procurar la identidad de todas las partes de la construcción científica. Así, la regla para la composición de las velocidades, expresada en el párrafo Nº 31, es exactamente la misma que la regla para la composición de las fuerzas, en estática, tan conocida bajo el nombre de la «regla del paralelogramo de las fuerzas».

(*) El lector que se sienta demasiado ajeno a toda especie de consideraciones geométricas, podrá pasar por alto este capítulo sin que se produzcan lagunas sensibles en el encadenamiento de las ideas.

90. El caso singular que hemos señalado a propósito de la teoría geométrica del movimiento (39), en que todos los movimientos que animan al móvil (movimientos propios o de arrastre) se neutralizan o compensan unos a otros, de manera que el móvil permanece en reposo en el espacio absoluto, corresponderá, pues, exactamente al caso en que el móvil es solicitado por fuerzas que se equilibran; y las relaciones matemáticas entre las velocidades que se compensan serán precisamente las mismas que las relaciones matemáticas entre las fuerzas que se equilibran. Así, en el mismo ejemplo del párrafo citado, el móvil puesto sobre una esfera cuyo movimiento de rotación comparte, y que al mismo tiempo está animado por un movimiento propio, por el cual circula en sentido contrario a la superficie de la esfera, alrededor de su eje de rotación, permanece en reposo en el espacio absoluto si el cociente de su velocidad propia y la velocidad de un punto fijado sobre el ecuador de esta esfera están en razón inversa al cociente del radio del pequeño círculo descripto y el radio del ecuador de la esfera. A esta regla de cinemática corresponde la regla estática del equilibrio de la cabria, regla según la cual el equilibrio subsiste entre los pesos P y Q, supendidos uno en la «rueda» grande de la cabria, otro en el «árbol» o cilindro concéntrico, y que tienden a imprimir a la máquina movimientos de rotación en sentidos contrarios, siempre que la relación entre el peso P y el peso Q sea precisamente la misma que la relación entre el radio del cilindro y el radio de la rueda grande.

Como la idea puede generalizarse fácilmente y extenderse al caso en que se considere un número cualquiera de puntos móviles que tienen entre sí relaciones cualesquiera, parecería que pudiera darse a todo problema de estática un enunciado que lo haría entrar en la cinemática, substituyendo la consideración de las fuerzas que se equilibran por medio de las relaciones establecidas entre sus puntos de aplicación, por la consideración de las velocidades propias que se combinan con las velocidades de arrastre que comunican esas mismas relaciones, de manera que los puntos no sufran ningún desplazamiento en el espacio absoluto. Desde que se ha estudiado filosofía de las ciencias, no faltaron autores dispuestos a creer que ésta sería la manera de evitar la oscuridad «metafísica» implícita, según ellos, en la idea misma de fuerza, y desterrando la palabra y la idea, reducir la estática, y aún la mecánica toda, y la física de rechazo, a la cinemática, no empleando sino las imágenes claras y las representaciones palpables de la geometría.

91. Se trata aquí, no podríamos dejar de insistir en ello, de un punto tan delicado como importante, del paso de una de

las categorías fundamentales a otra categoría igualmente fundamental. Los argumentos que valdrían para desterrar la idea de fuerza y atenerse a la de movimiento son, en el fondo, los mismos que Hume y otros utilizaron para proscribir la idea de causa y contentarse con la de sucesión de acontecimientos. Hay que tratar de entender, siguiendo nuestro ejemplo matemático, más simple que cualquier otro (7), cómo se encadenan las categorías fundamentales, sin por eso identificarse. El análisis es quizá sutil, pero se aplica a objetos dignos de toda la atención del filósofo y no a creaciones fantásticas. Ahora bien, sobre el ejemplo mismo que hemos elegido, ¿no vemos acaso que no es arbitrario atribuir el reposo absoluto del punto móvil sobre la esfera, a la coexistencia de dos movimientos distintos, que subsisten cada uno aparte e independientemente, aun cuando, por accidente, se compensan y dejan el móvil en el mismo lugar en el espacio absoluto? La tierra gira, y nosotros nos movemos sobre la superficie terrestre: estos dos fenómenos no dejarían de producirse y de ser perfectamente inteligibles uno y otro, aún en el caso muy particular en que, gracias a un empleo todavía más eficaz del poder del vapor, pudiéramos dar precisamente en veinticuatro horas la vuelta a nuestro círculo de latitud, de este a oeste, de manera que habiendo partido a mediodía, el sol pareciera señalar siempre el mediodía. Si estuviésemos más cerca de los polos de lo que estamos, la velocidad actual de los ferrocarriles podría bastar para ejecutar esta prueba, y no sería por eso menos verdadero decir, y sería además muy fácil concebir que, por una parte, la tierra gira, y por otra, que damos vuelta al mundo en ferrocarril y en un día. En el caso de una cabria en equilibrio, estamos lejos de poseer una idea tan clara de la coexistencia de dos movimientos que se anulan, y nada los hace perceptible, porque, en efecto, no se trata ya de movimientos, sino solamente de una tendencia al movimiento. Ahora bien, la idea de una tendencia al movimiento no es ni más ni menos oscura que la idea de fuerza; es la idea de fuerza expresada en otros términos, y si nada en nuestra constitución y en nuestras relaciones con los objetos que nos rodean fuera adecuado para sugerirnos la idea de fuerza, no habría tampoco nada que pudiese sugerirnos la idea de una tendencia al movimiento, allí donde no hay efectivamente ningún movimiento que pueda caer bajo la percepción de nuestros sentidos.

92. Por consiguiente, el enlace de la cinemática y la estática es de naturaleza tal, que toda vez que la inmovilidad de uno o varios móviles en el espacio absoluto, resulta de una combinación de movimientos propios y movimientos comunes o de arrastre, que tienen su razón de ser y son susceptibles de manifestarse como otros tantos fenómenos distintos, podremos confrontar dos problemas, uno de cinemática y otro de estática, que se corresponderán perfectamente y cuyas soluciones geométricas no podrían diferir una de otra, porque dependen de principios geométricos que concuerdan perfectamente (*). Sin embargo, ambos problemas, idénticos en cuanto a la forma de la solución, diferirán fundamentalmente en cuanto a los datos, por lo menos según nuestra manera de concebir las cosas; porque, por otra parte, la perfecta semejanza en la forma de la solución, hace suponer que para una inteligencia cuya constitución le permita penetrar más que nosotros en el fondo y en la razón de las cosas, la cinemática y la estática, la noción de movimiento y la de fuerza se identificarían. Es así que, para tomar un ejemplo menos abstracto, la teoría física de la luz y la del calor de irradiación descansan sobre principios cuya forma geométrica es la misma, de donde resulta una perfecta identidad en la solución geométrica de los problemas de óptica y los problemas análogos de calor de irradiación; sin embargo, debemos admitir que, en el estado actual de nuestros conocimientos, las dos teorías forman dos ramas distintas de la física; y al mismo tiempo, estamos inclinados a creer que, en el estado de una ciencia más profunda o más avanzada que la nuestra, las nociones de luz y de calor de irradiación se identificarían, de manera que resultarían idénticas ambas teorías, tanto por la naturaleza de los materiales como por la forma de la construcción científica (2).

93. Una vez reconocida la necesidad de llenar o de franquear el intervalo que separa la cinemática de la estática, la teoría geométrica de la combinación de los movimientos de la teoría de la combinación de las fuerzas, se trata de saber qué principios y cuántos deben emplearse para ello tomándolos, ya sea del razo-

(*) Esto explica, a la vez, la buena acogida y las objeciones hechas a la ingeniosa teoría de las «cuplas», sobre la que Poinsot fundó sus «Elementos de Estática». No puede, ciertamente, considerarse la idea de una cupla de fuerzas paralelas, de igual intensidad y dirigidas en sentido contrario, como una idea primordial con el mismo derecho que la idea de fuerza, ni como, en cierto modo, idea correspondiente. En este sentido, no es verdad decir que la simetría del papel de las fuerzas y de las cuplas esté basada en la naturaleza de las cosas; y una construcción de la estática que descanse sobre esta simetría, es más bien artificial que natural. Pero, por otro lado, la simetría que la cinemática nos ofrece entre los movimientos de traslación rectilínea y los movimientos de rotación, está fundada ciertamente sobre la naturaleza de las cosas y sobre los principios esenciales de la geometría, de manera que la solución de un problema de cinemática alcanzará su perfección, o, como suele decirse, su mayor elegancia, cuando mejor ponga en relieve dicha simetría. Y puesto que el problema correspondiente a la estática (desde el punto de vista matemático y abstracto) no difiere de aquél, es preciso que la forma más elegante que pueda darse al problema de cinemática, sea también la forma más elegante que pueda darse al problema de estática correspondiente, aunque parezca artificial y rebuscado desde el punto de vista particular de la estática.

namiento puro, ya de la experiencia, de manera que la estática tenga el carácter de ciencia puramente racional, como las matemáticas puras, o el de ciencia experimental, como las diversas partes de la física. El problema es, desde el punto de vista filosófico, de los más importantes y curiosos; tanto más importante y curioso cuanto que se trata del primer ejemplo del paso de un orden de ideas y facultades a otro. Haremos a este propósito las siguientes observaciones:

El único principio que necesita la estática para fundarse sobre una base propia, satisfaciendo al mismo tiempo la condición de una perfecta identidad de forma entre las soluciones de los problemas de cinemática y las de los problemas correspondientes de estática, puede extraerse, a voluntad, de la regla de la composición de las fuerzas concurrentes (principio del paralelogramo de las fuerzas) o de la regla de la composición de las fuerzas paralelas (principio del equilibrio de la palanca o de la cabria). Cada una de estas reglas puede reducirse a la otra mediante rozamientos y construcciones puramente geométricas, que no son objetables ni aún por el razonamiento más sutil.

Nada más fácil que comprobar, mediante experiencias precisas, la regla del equilibrio de la palanca, sobre la que descansa la construcción y el uso de esa especie de balanza que entre nosotros se llama «romana». Es por eso que ese principio, que parece haber sido conocido por toda la antiguedad, fué elegido por Arquímedes para servir de base a la estática racional, en las obras que nos ha dejado y que son los primeros monumentos de esta ciencia. Encontramos numerosas aplicaciones del principio del paralelogramo de las fuerzas, si bien presentadas de manera confusa y oscura, en el libro de las «Cuestiones mecánicas», atribuído a Aristóteles, aunque, por otra parte, la regla del paralelogramo de las velocidades, verdad de intuición (31), se encuentra enunciada claramente (*) y el autor ha comprendido bien su relación con la composición y descomposición de las fuerzas solamente mucho más tarde, a comienzos del siglo XVII, el geómetra holandés Stevin trató de dar una demostración extraída del orden de ideas propio de la estática, y esta demostración descansa, todavía, sobre consideraciones indirectas y complicadas. Un siglo más tarde, Varignon hizo de ella la base de su «Nueva Mecánica», pero siempre relacionando la composición de las fuerzas y la composición de las velocidades; recién hacia mediados del siglo XVIII, Daniel Bernoulli y d'Alembert, con el propósito de devolver a la estática su independencia, y en cierto modo su autonomía, propusieron demostraciones del tipo

(*) *Φανερόν οὖν ὅτι τὸ κατὰ τὴν διάμετρον φερόμενον ἐν δύο φοραὶς, ἀνάγκη τὸν τῶν πλευρῶν φέρεσθαι λόγον* (Qualst. mech., Cap. II).

de las que todavía utilizamos actualmente, cuando queremos enfocar el asunto desde el punto de vista de esos geómetras y no considerar, con Varignon, la regla de la composición de las fuerzas como una consecuencia evidente de la regla de la composición de las velocidades (*).

94. Los lógicos tendrían interés en un análisis exacto de las demostraciones racionales que se han dado, tanto del principio del paralelogramo de las fuerzas como del principio del equilibrio de la palanca, y de las objeciones hechas. Sin entrar en detalles ajenos a la naturaleza y al fin principal de la presente obra (**) observaremos que la variedad misma de las pruebas de demostración empleadas indican bastante claramente que son demasiado artificiales y rebuscadas para que el espíritu se contente con ellas, cuando se trata de proposiciones que tienen esta fundamental importancia. La lógica puede satisfacerse, si el artificio de esas construcciones conduce finalmente a un rozamiento concluyente; pero no queda satisfecha la razón, puesto que ésta exige que los principios sobre los cuales descansa toda una ciencia, se demuestren simplemente o no se demuestren en absoluto; y el espíritu no cree haber captado el orden natural según el cual las verdades se encadenan, en tanto que una verdad muy general se establezca solamente mediante construcciones y artificios muy particulares (42).

(*) Véase la excelente noticia histórica puesta por Legrange como encabezamiento de su «Mecánica analítica», primera parte, sección I.

(**) Para uno y otro principio la demostración directa se descompone en dos partes bien distintas. Si se trata del paralelogramo de las fuerzas, la primera parte del teorema consiste en establecer que la resultante se dirige según la diagonal del paralelogramo de las componentes; es en esta primera parte que se concentran las dificultades de la demostración, después de lo cual, nada más fácil que deducir la intensidad de la resultante. Si se trata del principio de la palanca, la dificultad consiste, al contrario, en determinar directamente la intensidad de la resultante o la carga en el punto de apoyo, después de lo cual se demuestra fácilmente, como lo hace Arquímedes, dónde debe encontrarse el punto de apoyo para que se produzca el equilibrio. Volvemos a encontrar en todas partes la misma analogía, la misma simetría y (para emplear una expresión aceptada ahora) la misma «dualidad», que dependen de la esencia misma de las relaciones entre los dos elementos de la geometría y de la cinemática, la recta y el círculo, el movimiento de traslación rectilíneo y el movimiento de rotación (34). Al comienzo de la «Mecánica analítica» pueden verse los razonamientos ingeniosos, pero muy rebuscados, mediante los cuales Huygens y Lagrange han suplido lo que llamaban el defecto de la demostración de Arquímedes, demostrando la primera parte del principio de la palanca o el postulado que Arquímedes supone; a saber, que la resultante de dos fuerzas paralelas entre sí es igual a la suma de las componentes. Nada más fácil que la demostración de este postulado cuando, sin apoyarlo precisamente sobre la regla del paralelogramo de las fuerzas, queremos, sin embargo, hacer uso de la noción adquirida de la composición y descomposición de las fuerzas concurrentes. (Véase los «Elementos de estática», de Poinsot, Nº 194.) Pero la ventaja, y por decirlo así, el mérito del principio de la palanca como fundamento de la teoría del equilibrio consiste precisamente, según la observación de Lagrange, en reducir todo a la consideración de los pesos y en no exigir, para mayor claridad del enunciado, ni que las fuerzas sean representadas por líneas, ni que se invoque axioma alguno extraído de la naturaleza del movimiento, como es necesario hacerlo, si se quiere establecer que dos fuerzas concurrentes tienen necesariamente una resultante.

No es que impugnemos, con algunos geómetras, la fuerza lógica y probatoria de estas demostraciones. Los postulados cuya concesión implican se reducen en definitiva, por una parte, a ese axioma supremo que no permite que la razón admita una falta de simetría en los resultados, cuando todo es simétrico en la disposición de los datos (68), y por otra, al principio de la superposición de los equilibrios que exige que, cuando un sistema está en equilibrio, se pueda sin perturbarlo, introducir o suprimir fuerzas que separadamente se equilibran. ¿Preténdese que solamente la experiencia es capaz de instruirnos acerca de esta verdad? Esto se puede argüir, sin duda alguna, ya que quienes aceptan un axioma como tal, renuncian, por eso mismo, a demostrarlo y en consecuencia, a imponerlo a aquellos que impugnan su evidencia; pero, cuando se exige que la experiencia intervenga para justificar proposiciones semejantes, es claro que se renuncia a hacer con la estática otra cosa que no sea una ciencia totalmente experimental, puesto que no hay en esta ciencia ninguna consecuencia cuya legitimidad racional podamos impugnar tan legítimamente, presentando como argumento nuestra ignorancia de la naturaleza y modo de acción de las causas físicas que producen el movimiento o el equilibrio.

95. Sin duda al pasar a la aplicación, no hay ningún juicio de estática que no deba ser comprobado por la experiencia, porque ignoramos a priori si tal disposición no modificará las condiciones físicas del desarrollo y de la acción de las fuerzas que están en juego, hasta el punto de perturbar el equilibrio, allí donde los axiomas de la estática y los teoremas que de ellos se deducen «more geométrico», asegurarían el equilibrio, sin la intervención de esa causa perturbadora. Así concebimos que los agentes físicos (corrientes eléctricas, por ejemplo) podrían influirse recíprocamente, aún actuando en el mismo sentido, de manera que la fuerza estática que resultaría de sus acciones combinadas, no fuera ya la suma de las fuerzas estáticas que esos agentes desarrollaran aisladamente, como la tracción ejercida por dos pesos reunidos, es la suma de las tracciones que cada peso ejerce por sí solo. Pero cuando la experiencia nos ofrezca un hecho de este tipo, lo anotaremos como una particularidad física cuya explicación habrá que buscar en los principios y las reglas de la estática racional, en vez de creer que amengua a nuestros ojos la autoridad de esos principios y esas reglas.

Además, los que impugnan estos axiomas en virtud de los cuales se dan, en estática, las demostraciones del principio del paralelogramo de las fuerzas o del principio de la palanca, deben, con mayor razón, reconocer que no es lícito, como lo han creído algunos, fundar la estática sobre la cinemática y pasar, sin experiencia confirmativa, de una regla puramente geométrica para la composición de los movimientos simultáneos a una regla para la composición de las fuerzas en el caso en que ya no hay ningún movimiento.

Si estas reflexiones satisfacen el espíritu del lector, habrá que concluir que la estática, en cuanto teoría racional basada sobre el principio del paralelogramo de las fuerzas o sobre el de equilibrio de la palanca, es realmente una teoría matemática inexpugnable, en el orden de abstracción en el que se colocan las matemáticas, pero que ofrece, sin embargo, esta singularidad: cada uno de los dos principios fundamentales, a pesar de ser susceptible de demostración rigurosa, exige ciertos artificios de demostración, incompatibles con la idea que la razón se forja de lo que es un principio fundamental; de donde resulta que algunos pensadores preferirían emplearlos a título de postulados, como Euclides lo hizo en geometría para un principio análogo (27), mientras que otros los admitirían más bien como hechos de experiencia.

Vamos a ver cómo un tercer principio, extraído de la noción de consumo de fuerza, de la idea de fuerza viva o de trabajo (83 y siguientes) interviene para suplir las imperfecciones de las otras dos y para completar así los fundamentos de la estática matemática.

96. Debemos admitir en primer lugar, como una regla evidente, que es necesario el mismo consumo de fuerza para elevar en un metro un peso de dos kilogramos, que para elevar en dos metros un peso de un kilogramo; en ambos casos el gasto se resuelve en otros dos, empleados cada uno para elevar en un metro el peso de un kilogramo. La posibilidad física de esta resolución que hace evidente la regla, supone sin duda que el peso y el consumo de fuerza son cantidades divisibles; que, por ejemplo ese peso de dos kilogramos que se trata de elevar, es el de dos litros de agua que podemos elevar voluntariamente juntos o separados, en el mismo envase o en envases distintos, y que igualmente, el consumo de fuerza es suministrado por la expansión de dos resortes, cada uno de los cuales, considerado separadamente, es capaz de elevar en un metro el peso de un kilogramo y cuyas acciones se agregan, sin influirse, cuando se juzga adecuado hacerlas actuar simultáneamente. Claro está que la solidificación de esos dos litros de agua, cambiando las condiciones físicas de su divisibilidad, no altera en nada su peso ni el consumo de fuerza necesaria para elevarlos a una altura dada; pero si en vez de los resortes tomados como ejemplo, se tratara de un consumo de fuerza animal que se efectúan, por decirlo así, de una sola vez, y cuyos elementos son más o menos

solidarios entre sí, el principio perdería su evidencia y aun dejaría de ser verdadero, porque evidentemente un hombre que puede, utilizando su fuerza muscular y la ayuda de una simple polea o de cualquier otro instrumento, elevar fácilmente en cien metros un peso de 10 kilogramos, no podría elevar en un metro un peso de 1000 kilogramos. Pero, lo que no puede hacer de manera directa, lo hará indirectamente elevando, por ejemplo, a 100 metros diez kilogramos de agua, cuya caída se calcula equivalente, en trabajo mecánico, a mil veces el trabajo de un kilogramo que desciende de un metro, y que podrá servir para elevar en un metro, ese peso de mil kilogramos de agua. Mediante esta restricción y esta explicación, la regla enunciada adquiere toda la evidencia de un axioma, y de aquí resulta que, generalmente, los consumos de fuerza puedan medirse por el producto de dos números, uno de los cuales expresa el peso y el otro la altura a la que elevaríamos ese peso, mediante el gasto de fuerza que se trata de medir (86).

97. De esta noción de la medida de consumo de fuerza y del axioma invocado en el párrafo Nº 85, se concluye inmediatamente el principio del equilibrio de la palanca o de la cabria, que no es más que una forma de palanca más adecuada a nuestra explicación.

Sean los pesos P y Q, suspendidos mediante cuerdas que se arrollan, una en la rueda grande de la cabria, otra en el «árbol» o cilindro concéntrico cuyo radio suponemos, para fijar más cómodamente las ideas, igual a la mitad del de la rueda grande; decimos que esos pesos deben equilibrarse si el peso Q, es justamente dos veces el peso P, siendo éste, por ejemplo, de un kilogramo y el otro de dos kilogramos. Ahora bien, admitamos por un momento, que el equilibrio no se produzca y que sea necesario agregar al peso P, alrededor de veinte gramos para establecer el equilibrio. Así, si se agregaran nada más que 10 gramos al peso P, el peso Q sería todavía mayor, y como el radio de la rueda grande es doble que el radio del «árbol», el peso Q no podría descender un metro sin elevar en dos metros el peso P y además el peso adicional; es decir que, mediante la intervención de un aparato inerte tal como la cabria, un peso de dos kilogramos que desciende un metro, sería capaz de elevar más de un kilogramo a la altura de dos metros, o más de dos kilogramos a la altura de un metro. En otros términos, este aparato inerte serviría para reproducir más fuerza disponible que la que se consume, o aumentar indefinidamente la cantidad de fuerza disponible. El mismo absurdo se reproduce si suponemos que el equilibrio de la cabria exige que se sobrecargue el peso Q con un peso adicional.

Un razonamiento semejante conduce al principio del equilibrio del «plano inclinado», cuyo enlace con la regla del paralelogramo de las fuerzas, resulta de las más simples nociones de geometría.

Así se encuentran unidos a una fuente única, los dos principios de equilibrio cuyos papeles, en estática, ofrecen una simetría tan notable y que pueden ser considerados indiferentemente uno u otro, como fundamento de esta ciencia, ya que uno se deduce del otro, pero no sin dejar algo que desear a la razón que aspira siempre a la unidad, y que no se satisface mientras sea necesario recurrir a una demostración complicada para establecer una regla fundamental.

98. Una vez captada la idea primera mediante ejemplos tan sencillos como los que hemos elegido, se trata de generalizarla y adecuar el enunciado a todos los casos posibles, lo que es un detalle de geometría, muy importante con toda seguridad, pero que no nos interesa aquí. Parece que debe adjudicarse a Descartes y a Wallis, el honor de haber sido los primeros en buscar la razón y el principio del equilibrio de las máquinas, en la equivalencia que tendría que producirse entre las cantidades de fuerza disponible creadas y consumidas, admitiéndose que la máquina se mueve en un sentido u en otro. Antes que Descartes y Wallis, Guido Ubaldi y Galileo en Italia, habían entrevisto y señalado el mismo principio, pero enunciándolo de manera diferente y considerándolo (según la observación de Lagrange) más bien como «una propiedad general del equilibrio» que como «la verdadera causa del equilibrio» (*), es decir, presentándolo más bien como un corolario que como un principio. Estaba reservado a Lagrange demostrar cómo, una vez admitido el principio, la solución de todos los problemas de equilibrio, y, por consiguiente, la solución de todos los problemas de mecánica, se deducen con la ayuda de un método elegante y uniforme, sin que sea preciso recurrir a ninguna construcción nueva, a ningún artificio particular, así como ocurre cuando se ha tenido la suerte de discernir el principio supremo y generador de una ciencia, del que deriva todo lo demás, y que da la clave de todos los casos particulares.

99. Ahora bien, ¿no es natural considerar como principio, más que como corolario, y como la «verdadera razón del equilibrio» (corrigiendo una sola palabra, para más exactitud en las expresiones de Lagrange citadas anteriormente), más que como una «propiedad general del equilibrio», una proposición que no solamente resume, confirma y completa los diversos principios

(*) «Mécanique analytique», t. 1º, párr. 20 y siguientes de la 2ª edición.

que han sido empleados sucesivamente como otros tantos fundamentos de la estática, sino que de los cuales fluyen todavía, por un método general y uniforme, las soluciones de todas las cuestiones particulares? ¿No se presentaría la organización de una ciencia como algo extraño, si el método directo, es decir, el que dedujera inmediatamente las consecuencias de los principios de los cuales se desprenden, fuera menos simple, menos elegante, y por consiguiente menos perfecto, que el que toma su punto de partida en un corolario alejado de los primeros principios? Tengamos en cuenta que se trata aquí de uno de los problemas que atañen a la filosofía de las ciencias, y cuyo sentido filosófico decide, pero para los cuales no hay demostraciones lógicamente rigurosas, ni reducciones al absurdo, es decir, contradicciones como las que gustan a los geómetras (66). Pero, por otra parte, no es una inútil disputa verbalista, sino que, por el contrario, es una cuestión filosófica de real interés, averiguar cuál es, entre varias nociones que se encadenan, la que debe ser considerada como idea primera y generadora. Hemos procurado poner de relieve los motivos que pueden decidir al lector para la elección de la idea que mejor da cuenta de la economía de la ciencia y de sus aplicaciones. El alcance de nuestras observaciones será mejor comprendido cuando se vea, en la continuación de esta obra, que se trata de un principio que domina, no solamente la mecánica, propiamente dicha, sino toda la física.

Capítulo III

De las ideas de materia, masa e inercia.

100. La experiencia más familiar nos enseña que los objetos que impresionan nuestros sentidos de manera tan variada, y a los que damos el nombre de «cuerpos» cuando queremos designarlos por medio de una denominación común, están sujetos no solamente a desplazamientos, sino también a cambios de dimensión, de figura, aspecto y estado, y aun a perecer en su individualidad por la disgregación y dispersión de sus partes. Lo que persiste después del cambio o destrucción del cuerpo, permaneciendo inalterable en la colección de las partes, es lo que llamamos «Materia», puesto que por la constitución de nuestros espíritus estamos naturalmente llevados a concebir algo absoluto y persistente, en todo lo que se nos manifiesta por cualidades relativas y variables, y que, también naturalmente, nuestro lenguaje se acomoda a la forma habitual y necesaria de nuestras concepciones. Por analogía o por extensión, la palabra «materia» ha tomado, por otra parte, en el lenguaje común y en el discurso filosófico, acepciones muy diversas, pero aquí tenemos que encararla desde el punto de vista puramente físico.

101. Sin embargo, habría que reconocer que la tendencia de nuestro espíritu nos engaña, y que la idea de materia no corresponde a nada real fuera del espíritu que la concibe, si pudiera probarse que, en circunstancias adecuadas, los cuerpos pueden ser destruídos o aniquilados, sin que nada permanezca. Entonces la tarea del físico sería definir con precisión las circunstancias de esta destrucción, y los cuerpos no dejarían por esto de presentarnos el espectáculo de fenómenos ligados y bien ordenados, «phaenomena bene ordinata», según la expresión de Leibniz. La veracidad del testimonio de los sentidos no quedaría comprometida porque no son los sentidos los que nos dan esta idea de un «substratum» o de un sostén inaprehensible e indestructible de todas las apariencias y de todas las cualidades destruc-

tibles que captan nuestros sentidos (*). Por el contrario, si nos contentáramos con interpretar groseramente las relaciones de los sentidos, nos figuraríamos que un cuerpo consumido por el fuego queda completamente aniquilado, que la disminución del líquido que contiene un recipiente es la marca de una pérdida de materia, y así sucesivamente para otros casos análogos. Ha sido necesario que una observación minuciosa y metódicamente dirigida, enseñara a los hombres modernos que, en todos los cambios de estado de los cuerpos que resultan de las acciones que ejercen los unos sobre los otros, o de la influencia de otros agentes naturales en caso de que existan, hay siempre (a pesar de ciertas apariencias engañosas) algo que persiste y que es absolutamente invariable, a saber, el peso, a condición, claro está, de que todas las pesadas se hagan a una misma latitud y a la misma altura sobre el nivel del mar, porque de lo contrario el peso cesaría de ser algo invariable, como lo diremos más lejos. De tal modo que si recojemos cuidadosamente todos los productos nuevos que hayan podido formarse, todas las partículas integrantes del cuerpo que en apariencias se ha desvanecido, la balanza acusaría este hecho primordial: el peso total permanece igual sin aumento ni pérdida, o, por lo menos, el peso total no ha sufrido sino variaciones irregulares y tan débiles, que deben ser atribuídas a los errores que son inseparables de la experimentación. He aquí la experiencia fundamental y decisiva de donde resulta que la idea de «sustancia», en la aplicación que de ella hacemos a los cuerpos que podemos someter a nuestras pesadas, no es solamente una abstracción lógica, una ficción de nuestro espíritu, sino que, por el contrario, tiene su razón y su fundamento en la esencia de los cuerpos, a pesar de que estemos condenados a ignorar para siempre en qué consiste esta esencia. Ahora bien, la idea de materia no es más que la idea de sustancia aplicada a los cuerpos o la idea de esta «quididad» desconocida que permanece invariable e indestructible, a pesar de todos los cambios de forma, de agregación molecular, de composición química y de organización.

102. Imaginemos que con la ayuda de un resorte que sacamos de su posición de equilibrio, damos un impulso horizontal a una granalla de plomo soportada por un plano horizontal, que destruye la acción de la gravedad sobre la granalla; se le imprimirá así una velocidad constante que podrá medirse.

(*) «Si corpora mera essent phaenomena, non ideo fallerentur sensus. Neque enim sensus pronuntiant aliquid de rebus metaphysicis. Sensuum veracitas in eo consistit, ut phaenomena consentiant inter se, neque decipiamur eventibus, si rationes experimentis inaedificatae probe sequamur.» (Leibnitz, edit. Dutens, T. II, p. 519.)

Soldemos a esta granalla, otra granalla perfectamente semejante, y luego dos, tres, cuatro granallas, y supongamos que siempre ponemos en marcha el resorte de la misma manera, para que las condiciones de la acción que ejerce sean idénticas: encontraremos que la velocidad impresa se convierte sucesivamente en la mitad, la tercera, la cuarta, la quinta parte de la que adquiría primeramente la granalla aislada, al mismo tiempo que la cantidad de materia, o la «masa», se convierte sucesivamente en doble, triple, cuádruple, quíntuple de lo que era en la experiencia primitiva.

En verdad, para comprobar exactamente este resultado, sería necesario conseguir que el cuerpo, al moverse sobre el plano, no sufriera ningún frotamiento apreciable; porque el frotamiento, la resistencia del aire, etc., son otras tantas causas perturbadoras que complican y ocultan la ley principal que se trata de establecer o comprobar. Pero viendo que esta ley tan sencilla se cumple tanto mejor, cuanto mayor cuidado se pone en atenuar la influencia de las causas perturbadoras, no podemos dudar que se cumplirá exactamente, si consiguiéramos liberarnos por completo de esta influencia. Por otra parte, no se trata ahora de examinar cuál es el grado de precisión que implica la experiencia, ni cuáles son los procedimientos prácticos de experimentación; se trata únicamente de hacer comprender que hay allí material de experimentación, y determinar cuál es el punto sobre el que la experiencia u observación puede ejercerse.

103. La acción ejercida por el resorte es del mismo tipo de aquellas que se cumplen en un tiempo tan corto, que han podido ser consideradas, aunque erróneamente, como acciones instantáneas. Supongamos que, en vez del impulso de un resorte, empleamos la acción de un imán para mover una granalla de hierro, cuyo movimiento horizontal observamos, anotando el espacio que describe en un tiempo extremadamente corto (55), cuando la granalla y el imán están separados por un intervalo determinado. Soldemos a esa granalla de hierro, una de plomo sobre la que el imán no tiene acción directa, y manteniendo el imán a la misma distancia, tratemos de dar a la granalla de plomo un volumen tal, que el espacio descripto se reduzca a la mitad; luego agreguemos sucesivamente otra granalla de hierro, dos, tres, cuatro granallas de plomo perfectamente semejantes; tendremos entonces que el espacio descripto se convierte sucesivamente en la tercera, cuarta, quinta parte de lo que era cuando la granalla de hierro no tenía que arrastrar consigo ninguna sobrecarga, lo que está perfectamente de acuerdo con los resultados de la experiencia hecha con el resorte, y nos muestra, además, que la granalla de hierro, cuyo volumen no es el mismo que el de la de

plomo, se comporta como si tuviera la misma masa. Podemos comprobar, además, que el mismo impulso comunica a una y otra granallas, velocidades iguales, y que tienen precisamente el mismo peso.

La observación más vulgar nos enseña que las partículas materiales que forman un cuerpo, pueden reunirse de modos diversos, dejando entre sí algunos vacíos o intervalos; vemos que el mismo cuerpo cambia de volumen según su temperatura y según la compresión a la que lo sometamos, de manera que nos es muy fácil concebir que a un mismo volumen pueden encontrarse cantidades de materias o de masas desiguales. De esto, no se sigue necesariamente que la razón de la desigualdad entre la masa de las granallas de hierro y plomo, a un mismo volumen, presión y temperatura, dependa únicamente de la mayor o menor abundancia de vacíos o intervalos. Es suficiente que experiencias del tipo de las que acabamos de indicar, comprueben entre esos cuerpos que parecen diferir esencialmente hasta en sus últimas partículas, una desigualdad de masa a un mismo volumen; desigualdad cuyos efectos mecánicos son absolutamente iguales a los que resultan de un mayor o menor acercamiento de las partículas, en los cuerpos cuyas partículas tienen exactamente las mismas propiedades y parecen ser perfectamente similares. Ahora bien, todas las experiencias que pudieran hacerse no solamente sobre el plomo y el hierro, sino sobre todos los cuerpos de la Naturaleza, no ya empleando para moverlos solamente la acción de un resorte o la de un imán, sino poniendo en juego cualquier otra acción mecánica, ofrecerían resultados perfectamente concordantes y nos darían, para las masas comparadas de los diversos cuerpos o partículas materiales, las mismas evaluaciones numéricas, que estarían además, de acuerdo con las experiencias de las pesadas (101), en que la masa de un cuerpo es algo invariable y absolutamente indestructible. De cualquier manera que disgreguemos las partículas de un cuerpo, si se recogen cuidadosamente todas las partes dispersas, podremos asegurarnos, por experiencias del tipo de las que acabamos de indicar, que la masa total no ha sufrido ninguna alteración.

De allí resulta que la gravedad actúa de la misma manera sobre todas las partículas de masas iguales o que la energía con la que la gravedad tiende a mover un cuerpo está precisamente en relación con la masa a mover, o bien por último, que los pesos son siempre proporcionales a las masas, resultado muy importante desde el punto de vista de la física experimental. Porque así como las experiencias para la medida directa de las masas por medio de la observación de las velocidades (experiencias que había que indicar para el encadenamiento lógico de las explicaciones), encuentran dificultades y obstáculos en la práctica, así

el acto de la pesada implica precisión y, en consecuencia, es el único que se efectúa realmente. Es por la invariabilidad de los pesos relativos o la invariabilidad del peso absoluto (a la misma latitud y a igual altura sobre el nivel del mar), que se comprueba efectivamente el principio más importante de la física, a saber, la indestructibilidad de la masa; pero no es menos indispensable distinguir bien la noción de masa de la noción de peso, porque la teoría y la observación nos enseñan que la intensidad de la gravedad varía y que, por consiguiente, los pesos de todos los cuerpos varían con la latitud y la altura; de manera que, en este sentido, el peso es un accidente del cuerpo y puede cambiar y aun disminuir hasta desvanecerse, mientras que la masa, que es inherente y esencial a los cuerpos, no varía.

Entonces, así como la noción vulgar que tenemos de los cuerpos, supone la noción que el sentido íntimo nos da del esfuerzo que ejercemos para moverlos o de la resistencia que oponen a nuestros propios movimientos (81), así como la idea científica de materia o de masa, no puede definirse más que por la idea de peso, es decir, de un tipo especial de fuerza o, más general y filosóficamente, por la idea de una causa motora o fuerza cualquiera. Luego, es verdadero decir que esas dos ideas de fuerza o materia, en todas las fases de su evolución, se sostienen e implican mutuamente. Veremos que en todo el transcurso de nuestras investigaciones se manifiesta esta «cualidad», y no hay hecho más importante, sobre el cual haya que atraer más especialmente la atención de los lectores interesados, los únicos seguramente que pueden seguirnos con paciencia en este minucioso pero indispensable análisis.

105. En muchas circunstancias los cuerpos son manifiestamente inertes, es decir, que no se ponen en movimiento sino bajo la acción de una fuerza externa y aparente; en otros casos, parecería que los cuerpos, aún privados de todo principio de vida, se desplazan por sí mismos o son agitados por un movimiento intenso, y por último, la facultad de movimiento o de acomodación espontánea, parecería caracterizar los cuerpos vivientes, por muy oscuras que sean en ellos los rasgos de la vida y de la organización. Pero todo esto cambia con las circunstancias externas y la constitución íntima del cuerpo, mientras que lo que persiste en los elementos de los cuerpos o en lo que llamamos materia es la «inercia», a saber, la propiedad de permanecer en reposo mientras una fuerza externa y aparente no los solicite, y moverse cuanto dicha fuerza actúe sobre ellos. He ahí cómo, sin prejuzgar nada sobre la inercia o sobre la actividad de los seres complejos a los cuales llamamos cuerpos, estamos autorizados para decir que la materia es inerte; nada

más natural, por consiguiente ni más conforme a la subordinación observada entre los fenómenos, que concebir una fuerza que, actuando sobre la materia, le imprima actividad y movimiento, aún en el caso en que la acción de una fuerza externa y aparente no nos sea directamente perceptible.

Por ejemplo, una barra de hierro puede adquirirse o perder la propiedad magnética en virtud de la que parece orientarse por sí misma; un huevo adquiere por fecundación, y pierde por influencia de una temperatura demasiado elevada las cualidades vitales en virtud de las que se desarrolla el germen y el embrión se organiza; pero, además de esas cualidades especiales que pueden adquirise o perderse, la barra y el huevo tienen una que no se pierde y que les es común con la barra de plomo o de cinc, con una esfera de arcilla o de mármol, a saber, la de moverse por la intervención de una fuerza externa, y solamente en virtud de dicha intervención, en la misma forma que podría hacerlo cualquier otro cuerpo de igual figura y masa. He ahí una propiedad que es esencial a los cuerpos, o ligada a lo que hay en ellos de fundamental e indestructible; es, pues, una propiedad de la materia. El principio de inercia de la materia no puede tener en física otro sentido: es la expresión pura y simple de lo que la experiencia nos enseña sobre la manera como se subordinan unos a otros los fenómenos que nos presenta el mundo material. Vamos más lejos, es verdad, y traspasamos las conclusiones estrictas de la experiencia cuando admitimos que el elemento material, en vez de poseer la fuerza en sí mismo, sufre su acción como si el elemento material y la fuerza debieran necesariamente concebirse cada uno por separado e independiente del otro. El principio de inercia de la materia, así entendido, se convierte en una hipótesis metafísica cuya inversa consiste en admitir, para la explicación de todos los fenómenos del mundo material, nada más que fuerzas y nónadas esencialmente activas. Pero no ha llegado todavía el momento de analizar esta parte trascendental de la filosofía natural; nos limitamos aquí a exponer los principios incontestables de la mecánica física.

106. La experiencia nos enseña que la inercia de la materia consiste, no solamente en permanecer en estado de reposo cuando ninguna fuerza o causa de movimiento la solicita, sino en perseverar en el estado de movimiento y continuar moviéndose con un movimiento «rectilíneo» y «uniforme», cuando ninguna fuerza u obstáculo externo acuden a detener este movimiento, o a cambiar su velocidad de dirección. De allí esa diferencia principal que ya hemos señalado (35) entre la teoría del movimiento, desde el punto de vista geométrico y la mecánica física. Decimos, en consecuencia, que la inercia de la materia consiste en la «indiferencia» al reposo y al movimiento, de manera que esta cualidad de los cuerpos que llamamos «movilidad» no debe ser considerada como una cualidad distinta, sino solamente como una consecuencia de la inercia de la materia.

CAPÍTULO IV (*)

Del paso inmediato de la teoría geométrica del movimiento a la teoría física del movimiento de los cuerpos. Del paso de la estática a la teoría física del movimiento. Del valor y del papel de los principios de la mecánica física en la filosofía natural.

107. El paso de las verdades abstractas de la geometría a los principios fundamentales de la física y de la filosofía natural puede producirse de dos maneras, según nos propongamos relacionar directamente la teoría física de los movimientos de los cuerpos a la cinemática, es decir, a la teoría geométrica de los movimientos, haciendo abstracción de las fuerzas que los producen, o bien tengamos el propósito, por el contrario, de apoyarnos en la estática, que tiene por objeto la composición y la equivalencia de las fuerzas, cuando no se produce ningún movimiento. De ahí dos sistemas que han separado los geómetras filósofos más que los físicos, porque es natural que estos últimos no tengan ningún escrúpulo en emplear, para la explicación de los fenómenos de la Naturaleza, todas las ideas que parecen familiares y naturales al hombre, mientras que para aquéllos es más importante reducir, tanto como sea posible, el catálogo de las ideas primeras e indefinibles, el número de postulados y de datos empíricos (27). Tendríamos que optar entre uno de estos dos sistemas, si tuviéramos que escribir un Tratado elemental y didáctico; pero la naturaleza y el fin de este libro nos parece exigir, por el contrario, que los expongamos ambos por separado, para que se vea mejor en qué coinciden y en qué difieren; creemos que esto nos procurará la solución más sencilla para todas las complicaciones que generalmente trae la controversia.

PRIMER SISTEMA

108. *Ley de la independencia de los movimientos.* — Esta ley, digna de interés, comprobada por la experiencia, establece

(*) Hacemos la misma observación que hemos hecho para el capítulo II de este segundo libro.

que los diferentes movimientos que tomaría un mismo cuerpo sometido a diversas acciones, subsisten todos a la vez, sin trabarse ni alterarse mutuamente, cuando al cuerpo se aplican a la vez todas las acciones cuyos efectos aislados hemos podido observar. Así, un cuerpo cae verticalmente en virtud de la gravedad, con un movimiento uniformemente acelerado; el mismo cuerpo, sustraído a la acción de la gravedad o soportado por un plano horizontal cuya resistencia destruye sus efectos, se mueve con un movimiento uniforme y rectilíneo cuando le damos un impulso y luego lo abandonamos a sí mismo, habiendo tenido la precaución de evitar todos los obstáculos que podrían destruir o retardar su movimiento; pero si el cuerpo que ha recibido el impulso permanece sometido a la acción de la gravedad, los dos movimientos, el uno uniforme, el otro uniformemente acelerado, subsistirán juntos sin trabarse ni alterarse uno a otro, y se combinarán de acuerdo con las reglas de la cinemática, de manera que el móvil describa en el espacio la curva conocida con el nombre de «parábola». Por medio de esta observación generalizada, la noción de la combinación o de la composición de varios movimientos independientes, que en cinemática era solamente un concepto abstracto, se convierte en un principio de la física, que es aplicable a los fenómenos en los que diversas causas de movimientos, cada una de las cuales tiene sus leyes propias y podría actuar por separado, entran en acción simultáneamente.

Este principio comprende como caso particular, aunque muy importante, el caso en que los diversos movimientos están dirigidos según la misma recta, como si el cuerpo sometido a la acción de la gravedad hubiese recibido, además, un impulso de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba; en este caso, las velocidades y los espacios descriptos deben sumarse o restarse, según que las velocidades componentes tengan igual sentido o sentido contrario.

109. Bajo la influencia de una misma causa física, como el choque de un resorte, la acción de un imán sobre una granalla de hierro soldada a granallas de plomo, la velocidad impresa al sistema material está en razón inversa a su masa (102 y 103); por consiguiente, teniendo en cuenta solamente la velocidad, no podemos apreciar el grado de intensidad o de energía de la acción que pone en movimiento el sistema; pero el producto de la masa por la velocidad, o sea el que llamamos la «cantidad de movimiento», es una magnitud que no varía, cualquiera sea la masa puesta en movimiento, siempre que nada haya cambiado en la energía y en el modo de acción de la causa que produce dicho movimiento. En consecuencia, esta magni-

tud podría servirnos para fijar y graduar la intensidad de la acción motriz, sin que tengamos necesidad de examinar si la acción física que determina el movimiento es, en sí misma, una magnitud mensurable, así como la dilatación de un flúido como el aire, el mercurio o el alcohol, nos sirve para fijar y graduar las temperaturas, sin que tengamos que averiguar si los aumentos de temperatura son, en sí mismos, magnitudes mensurables, ni, en caso afirmativo, si son proporcionales a las dilataciones del alcohol, del mercurio o del aire.

Observemos ahora que hay una manera de comparar directamente entre sí las intensidades de las acciones motrices, y de referirlas a una medida común, no utilizando la observación y la medida de las cantidades de movimiento, o sus aumentos elementales. Así puede medirse la acción del imán sobre un pedazo de hierro con el que está en contacto, manteniéndolo verticalmente, y suspendiendo al trozo de hierro una esferilla de plomo, luego dos, tres, etc., hasta que se desprenda. El peso del trozo de hierro y de las esferillas de plomo que equilibra la acción magnética, es una magnitud mensurable, completamente adecuada para la determinación de la intensidad. ¿Concuerda esta medida con la de las cantidades de movimiento? He ahí lo que la experiencia debe enseñarnos; pero esta experiencia ya se encuentra explícita o implícitamente comprendida entre aquellas sobre las que se funda el principio enunciado en primer lugar, y que hemos llamado la ley de la independencia de los movimientos. En efecto, si la acción magnética y la de la gravedad son capaces de imprimir separadamente, a dos acciones físicas cualesquiera, velocidades iguales a una misma partícula material, cuando aquéllas operan en sentidos contrarios, los dos movimientos se destruirán necesariamente el uno al otro, y la partícula no se desplazará. Y como la recíproca es igualmente evidente, se sigue que podemos llegar, por uno u otro método, indiferentemente, a la misma determinación numérica de la intensidad de las acciones motrices. La observación del estado de equilibrio implica, generalmente, una mayor precisión: sin embargo, medimos, por la observación de los movimientos pendulares, las variaciones de intensidad de la gravedad, que sería difícil medir con la misma precisión si se quisiera equilibrar el peso de un cuerpo empleando la acción de un resorte, de un imán o cualquier otra acción capaz de compensar la de la gravedad.

110. *Principio de la igualdad de la unidad de la acción y de la reacción.* — Si consideramos el sistema material formado por dos granallas de hierro y plomo, invariablemente unidas entre sí, la cantidad de movimiento que la acción magnética

comunicaría a la granalla de hierro, si estuviese aislada, se reparte entre las dos granallas, en razón de su masa; lo que el hierro pierde a causa de su unión con el plomo que tiene que arrastrar es, precisamente, lo que gana la masa de plomo. En esta comunicación de movimientos podemos decir que el hierro y el plomo, a pesar de ser ambos inertes, ejercen por el solo hecho de su unión, una acción mutua, comparable (por lo menos en cuanto a sus efectos) a la que la influencia magnética ejerce sobre el hierro y a la que la gravedad ejerce tanto sobre el hierro como sobre el plomo. Ahora bien, estas dos acciones contrarias que corresponden a la cantidad de movimiento perdido por una de las granallas y ganado por la otra, tienen necesariamente la misma medida numérica, conforme al principio célebre de la «igualdad de la acción y de la reacción». Sin embargo, no será un principio diferente, sino una consecuencia evidente y necesaria de las leyes ya enunciadas, mientras nos limitemos a considerar el caso en que los cuerpos, inertes por sí mismos, se comuniquen (en virtud de lazos materiales que los unen) una parte de la cantidad de movimiento proveniente de las acciones ejercidas directamente sobre algunos de ellos.

Pero el mismo principio es considerado a menudo en un sentido distinto, que va más allá de las consecuencias estrictas que estamos autorizados a deducir de las leyes que presiden la comunicación de los movimientos, de manera que el principio así entendido se convierte en un principio independiente y aún (en la medida en que ciertas inducciones pueden hacérnoslo presuponer filosóficamente) en un principio más elevado y más oculto. Por ejemplo, si el imán atrae al hierro, y si la masa de hierro, estando libre, va al encuentro de la masa imantada, el hierro, por su parte, atrae al imán y la masa imantada se desplaza también, cuando está libre, para ir al encuentro de la masa de hierro; además, las cantidades de movimiento, de signos o sentidos contrarios, que toman las dos masas movidas por esta acción mutua, son numéricamente iguales. Aquí tenemos una aplicación del principio de la igualdad de la acción y la reacción; sin embargo, tal es nuestra ignorancia de la naturaleza de la causa que produce los movimientos observados, que no concebimos cómo la igualdad que advertimos, pueda ser consecuencia necesaria de las leyes que regulan la comunicación del movimiento entre masas inertes, unidas por lazos materiales y aparentes, y que no vemos por qué sería absurdo, «a priori», suponer que el imán tiene la propiedad de mover el hierro, sin que de aquí resulte necesariamente que el hierro tiene la propiedad de mover o tender a mover la masa imantada. Si dos partículas ponderables se atraen mutuamente, según la ley newtoniana, si dos esferas cargadas de electricidad «de igual

signo» se rechazan mutuamente, habrá allí una simetría de causas y efectos, que es suficiente para dar cuenta de la reciprocidad de la acción; pero cuando el imán atrae al hierro, cuando la esfera cargada de electricidad positiva atrae una esfera cargada de electricidad negativa, cuando una corriente voltaica actúa sobre una aguja imantada, la razón de la simetría, que quizá sigue existiendo todavía, no se nos aparece o por lo menos, en el estado actual de nuestros conocimientos, no se nos muestra con claridad suficiente. En todo caso, esta razón de simetría sería completamente diferente al razonamiento que es suficiente para explicar, de manera sencilla, lo que debemos entender por igualdad entre la acción y la reacción, cuando se trata de la comunicación del movimiento entre cuerpos inertes, como consecuencia de los lazos materiales que los unen. Toda vez que el principio de igualdad entre la acción y la reacción no es un simple corolario de las leyes de la comunicación del movimiento, o consecuencia de una simetría evidente, para nosotros sólo podrá ser un principio de inducción fundado en una observación constante, y cuya razón profunda, que depende de la esencia misma de las cosas, se nos escapa en absoluto.

111. *Resolución de los problemas de la mecánica física. Principio de d'Alembert.* — Consideremos un número cualquiera de partículas materiales, cada una de las cuales está bajo la influencia de una acción motora determinada en cuanto a su intensidad y dirección, de manera tal que podríamos fijar el movimiento que cada partícula tomaría si estuviera aislada o no ligada a las otras. Como consecuencia de las uniones que existen entre todas esas partículas, la acción sufrida por ellas tiene, por decirlo así, su resonancia en todo el sistema, de manera que, para determinar el movimiento que tomará efectivamente cada partícula, habrá que tener en cuenta, a la vez, la acción a la que está sometida directamente, y la influencia indirecta que ejerce sobre ella, en virtud de los lazos de unión del sistema, las acciones sufridas por todas las otras partículas. Tratándose de cada molécula en particular, podemos considerar el movimiento «impreso» por la acción a la que está directamente sometida como «compuesto» (según las reglas cinemáticas para la composición de los movimientos) de: 1) el movimiento «efectivo» que la molécula adquirirá, y 2) otro movimiento «perdido» o destruído por el efecto de las trabazones que sujetan las diversas partículas del sistema material. Por lo tanto, será necesario que todas las cantidades perdidas de movimiento se destruyan efectivamente unas a otras, en virtud de las uniones que subsisten entre las diversas partículas del

sistema. Así, pues, si logramos determinar en magnitud y dirección, y de acuerdo con la condición mencionada, los movimientos «perdidos por cada partícula, como suponemos conocidos en magnitud y dirección los movimientos «impresos» por las acciones externas, podremos fijar, tanto en magnitud como en dirección, los movimientos «efectivos», y el problema de mecánica se reducirá entonces a depender de un problema de cinemática. La idea de este acercamiento se debe a d'Alembert, y es en términos perfectamente equivalentes que ha enunciado el célebre «principio» que lleva su nombre. Otros autores han modificado su expresión, para hacerla más adecuada a sus sistemas tendientes a fundar la teoría física del movimiento sobre la estática, pero convenía restituir el primitivo enunciado.

112. Terminaremos aquí lo que teníamos que decir sobre el paso inmediato de la cinemática a la teoría física del movimiento de los cuerpos. Hemos tratado de indicar cómo puede efectuarse este paso, sin que sea preciso hacer intervenir la noción de «medida de fuerzas», ya que, por otra parte, aunque hayamos procurado (siguiendo el ejemplo de otros autores partidarios del mismo sistema) evitar el empleo de la palabra «fuerza», está claro que, cuando hemos tenido que hablar de la «acción» del imán sobre el hierro, la «acción» del resorte que se afloja, la «acción» del peso, etc., esta palabra «acción» es sinónimo perfecto de «fuerza». Pero cuando queremos dar una forma matemática a la explicación de los fenómenos que nos presentan los cuerpos en movimiento, la definición matemática, es decir, la «medida», puede apuntar ya hacia la fuerza misma, concebida solamente por el espíritu o cuya idea es del tipo de las que llamamos metafísicas, ya hacia las velocidades o cantidades de movimiento, cosas al alcance de nuestros sentidos. De allí dos sistemas de la filosofía de la mecánica, o dos métodos diferentes de exposición, uno de los cuales acaba de ser presentado en sus puntos esenciales; a continuación pasaremos al otro, abreviando todavía más los detalles que puedan suplirse por lo que ha sido dicho precedentemente.

SEGUNDO SISTEMA

113. *Principio de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas.* — Del principio de la indiferencia de la materia al reposo y al movimiento, parece resultar naturalmente (y de hecho queda establecido por la experiencia) que la acción de una fuerza sobre una partícula material tendrá absolutamente el mismo efecto, encuéntrese dicho elemento material en re-

poso o en movimiento, en el instante en que la fuerza actúa sobre él. De manera que si la misma fuerza actúa, o si varias lo hacen sucesivamente en la misma dirección, sobre una misma partícula material, los efectos de estas acciones sucesivas se agregarán, pura y simplemente, y la velocidad última adquirida por la partícula material será la suma de las velocidades adquiridas cada vez, por cada acción aislada, proveniente de la misma fuerza o de varias fuerzas diferentes.

Si imaginamos que los intervalos de tiempo que separan los instantes en que cada fuerza comienza a actuar, decrecen indefinidamente, el principio que acabamos de enunciar, que no depende de la magnitud de esos intervalos, seguirá subsistiendo. Así subsistirá todavía en el límite y cuando todas las fuerzas comiencen a actuar en el mismo instante físico. Consideremos especialmente el caso en que todas las fuerzas fuesen iguales, en el sentido de que cada una, por su acción aislada, imprimiera iguales velocidades a la partícula material. Habría que concluir, de lo que antecede, que la velocidad adquirida por la partícula material es proporcional al número de fuerzas concurrentes, o proporcional a la magnitud de la fuerza, si se entiende por fuerza doble, triple, cuádruple, etc., la que resulta de la reunión de dos, tres, cuatro fuerzas, cada una de las cuales, actuando separadamente, comunicaría a la partícula material la velocidad tomada como unidad. Tal es el sentido del famoso principio de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas, que se considera, con razón, como uno de los fundamentos de la mecánica física, y que también puede considerarse como consecuencia del principio de inercia de la materia.

114. Hemos supuesto que las fuerzas que actúan sucesiva o simultáneamente, siguiendo una misma recta, sobre la misma partícula material, lo hacen todas en un mismo sentido, pero también podrían actuar unas en un sentido y otras en el sentido directamente contrario; en este caso, la velocidad final adquirida por el elemento material, en vez de ser la suma de las velocidades comunicadas por cada fuerza al actuar sola, sería la diferencia entre dos sumas: una, la de las velocidades dirigidas en un sentido, y otra, la de las velocidades dirigidas en el sentido opuesto. Ambas consecuencias dependen igualmente del principio de la indiferencia de la materia, tanto con respecto al movimiento como al reposo. Supongamos que no haya más que dos fuerzas que actúan en sentidos opuestos, y que estas fuerzas son iguales por cuanto comunicarían (al actuar aisladamente) velocidades iguales a la partícula material; llegará un momento en que esos dos movimientos opuestos se destruirán, o en que las dos fuerzas se equilibrarán mutuamente. De esto se

sigue que la medida de las fuerzas, por las velocidades que imprimen a la misma partícula material, debe cuadrar con la medida estática de las fuerzas. Este acuerdo entre los dos modos de medir las fuerzas, uno directo, que consiste en oponer una fuerza a otra, otro indirecto, consistente en comparar las velocidades comunicadas a un mismo cuerpo por estas fuerzas, es un hecho fundamental en mecánica. Es necesario que la experiencia lo compruebe, o bien que el razonamiento lo deduzca del principio de inercia de la materia, que es considerado, a su vez, ya como un hecho de experiencia, ya como un axioma de la razón. En rigor, es posible, en el sistema expuesto en primer término, no enunciar el principio de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas; pero entonces estamos obligados a poner, en su lugar, un principio perfectamente equivalente: el que hemos llamado el principio de la independencia de los movimientos.

D'Alembert incurre, pues, en un grave error filosófico cuando considera el principio de la proporcionalidad de las fuerzas y las velocidades «como apoyado sobre este único axioma vago y oscuro, a saber, que el efecto es proporcional a su causa», agregando que este principio «verdadero o dudoso, claro u oscuro, es inútil para la mecánica y, por consiguiente, debe ser desterrado de ella» (*), puesto que no podríamos desterrarlo sino volviendo a introducirlo bajo una forma equivalente. Una idea diametralmente opuesta a la de d'Alembert, pero que los geómetras tampoco han aceptado, es la de Poisson, quien creyó que dicho principio puede demostrarse como un teorema de geometría infinitesimal, nada más que en virtud del cálculo (**).

115. *Principio de reciprocidad de las velocidades y las masas. Cantidades de movimiento. Fuerza de inercia. Principio de igualdad de la acción y la reacción.* — Así como las velocidades comunicadas a una misma masa por fuerzas desiguales que actúan de la misma manera y durante el mismo tiempo, están en razón directa a las fuerzas, así las velocidades impresas a masas desiguales por una misma fuerza, que actúa del mismo modo y durante el mismo tiempo, están en razón inversa a las masas. Para mostrar que esta proposición no implicaría tautología, aún cuando no tuviésemos la ayuda de la medida de las masas por medio del peso, supongamos que se haya comprobado que ciertas partículas materiales tienen masas iguales en el caso, por ejemplo, en que sometidas aisladamente a la acción de una misma fuerza, todas adquieren, en

(*) Discurso preliminar del «Traité de Dynamique», p. XII de la edición de 1758.

(**) «Traité de Mécanique», 2ª edición. T. I, p. 213.

circunstancias análogas, igual velocidad (verbigracia, la de dece metros por segundo); será preciso, en virtud del principio, que la misma fuerza o cualquier otra fuerza igual, en las mismas circunstancias, imprima al sistema formado por la aglomeración de dos de esas moléculas, la velocidad de seis metros por segundo, y al sistema formado por la aglomeración de tres moléculas, la velocidad de cuatro metros por segundo, y así sucesivamente. Sobreentendemos, por otra parte, la condición de que se pueda considerar esas partículas, y aún los conglomerados que con ellas formamos, como otros tantos corpúsculos de dimensiones tan pequeñas, que su configuración no tiene influencia sensible sobre la naturaleza del movimiento que las fuerzas les comunica, puesto que es solamente después de haber estudiado las leyes de la acción de las fuerzas sobre elementos así definidos, que podemos tener en cuenta las particularidades que dependen de la configuración y del modo de distribución de la masa de los cuerpos sobre los cuales actúan dichas fuerzas.

Ahora bien, la experiencia está de acuerdo con los resultados enunciados más arriba y, en consecuencia, con el principio de la reciprocidad de las velocidades y las masas. Por otra parte, esta regla parece ser consecuencia necesaria de los principios precedentes y de la noción de la inercia de la materia, de donde surgen todos esos principios. Porque es lícito considerar la fuerza que actúa sobre el grupo de dos moléculas, como la suma de dos fuerzas iguales, cada una de las cuales, al actuar aisladamente y en virtud de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas, sería capaz de comunicar a cada partícula, la velocidad de seis metros por segundo. Para que las cosas ocurrieran de modo diferente, cuando las dos moléculas están unidas entre sí y las fuerzas actúan simultáneamente, sería necesario o bien que las acciones de las dos fuerzas se influyeran mutuamente, lo que va contra el principio de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas, o bien que el conglomerado de las partículas tuviera una influencia incompatible con el concepto que tenemos de la inercia esencial a la materia, o al subtratum indestructible de los cuerpos, puesto que (por hipótesis) esta influencia no sería del tipo de las que dependen de la configuración geométrica de un sistema de moléculas pasivas, y que cambian al cambiar la estructura del sistema.

116. Así llegamos a tener que considerar el producto de la masa por la velocidad o la cantidad de movimiento (109), como medida de la intensidad de la fuerza. Nada tenemos que agregar a lo que hemos dicho ya en el párrafo siguiente (110), sobre el principio de la igualdad de la acción y la reacción, salvo a propósito de esa expresión «fuerza de inercia», empleada tan frecuentemente en sentido propio y figurado, y cuyo sentido propio debe ser fijado de manera tal que se salve todo equívoco. Cuando suponemos, como en el párrafo citado, que una barra imantada pone en movimiento una masa de hierro a la que está soldada una masa de plomo, está claro que se puede considerar la masa de plomo como reemplazando, por su inercia, una fuerza que estaría actuando sobre la masa de hierro y retardando el movimiento que le comunica la fuerza magnética. En este sentido, y solamente en este sentido, puede compararse la inercia a una fuerza y asociar dos términos, cada uno de los cuales parece evocar ideas contradictorias.

117. Volvamos ahora a las consideraciones generales del párrafo Nº 111, y supongamos un número cualquiera de partículas materiales, que tengan entre sí lazos cualesquiera y sometidas individualmente a fuerzas P, cuyas direcciones e intensidades nos sean dadas. Como consecuencia de las uniones que tienen entre sí, las partículas materiales adquieren, en general, movimientos distintos de los que les comunicarían las fuerzas que las solicitan, si dichas partículas estuviesen libres. Admitamos que conocemos los movimientos que adquieren efectivamente y, en consecuencia, las fuerzas Q que tendríamos que aplicar a esas mismas partículas, suponiéndolas libres, para imprimirles igual movimiento. Supongamos que, manteniendo la acción de las fuerzas P, aplicamos a las partículas materiales, no precisamente las fuerzas Q, sino fuerzas iguales y de dirección precisamente contraria; claro está que éstas destruirán el efecto de las fuerzas P, o que uno de los grupos de fuerzas equilibrará al otro, como consecuencia de las uniones que subsisten entre las partículas materiales. Esta es una manera de acomodar al sistema de exposición que nos ocupa en este momento la expresión del «principio de d'Alambert». En realidad, las fuerzas Q no son conocidas, pero las condiciones del equilibrio las determina implícitamente y, en consecuencia, determinan los movimientos que las partículas deben tomar. Así se encuentra reducido a depender de un problema de estática (como en el primer sistema de un problema de cinemática) todo problema que tenga por objeto el movimiento de un sistema de cuerpos o partículas materiales cuya constitución o enlaces conocemos.

118. *De la prueba metafísica o «a priori» de los principios de mecánica física. Del valor y del papel de esos principios en filosofía natural.* — Cuando se trata de principios tales como los que acabamos de ver, principios tan fundamentales, tan generales, que son condición necesaria para toda explicación

de fenómenos físicos y que tienen sus raíces en las ideas más naturales para el espíritu humano, tendremos forzosamente que encontrarnos colocados en una especie de terreno mixto, que pertenece tanto a la metafísica o filosofía general, como a la física propiamente dicha. Así podemos observar que el principio de inercia de la materia, el de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas, y otros del mismo tipo, aun cuando pueden figurar, y generalmente así ocurre, en los tratados modernos de física, como datos de «la experiencia», en realidad no se prestan a «experiencias» en el sentido que los físicos modernos dan a esta expresión, es decir, a experiencias y medidas exactas, obtenidas con la ayuda de aparatos delicados e instrumentos de precisión; y, en una palabra, no se comprueban estos principios del mismo modo que la ley de Mariotte sobre flúidos elásticos, la ley de Descartes o de Snellius sobre la refracción de la luz, las leyes de Coulomb sobre el frotamiento o la distribución de la electricidad, y en general todas las leyes de la física.

Esta observación trae otra a colación. Ningún investigador tuvo jamás la ocurrencia de impugnar la necesidad de realizar experiencias precisas para asegurarse la existencia de las leyes de Mariotte, de Snellius o de Coulomb. Tampoco nadie consideró esos principios como definiciones arbitrarias, o como fórmulas vacías que podrían dejarse a un lado, sin empobrecer el tesoro de nuestros conocimientos científicos. En cambio, entre los físicos y los geómetras, aún entre los de mayor nombradía, hubo quien consideró los principios de inercia de la materia, de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas, etc., ya como verdades necesarias y para las cuales, en consecuencia, es superfluo recurrir a la experiencia, ya como definiciones arbitrarias sobre las que no cabe argumentar, a menos que quiera discutirse palabras (*). No pretendemos que esos físicos y esos

(*) Véase lo que hemos dicho en el párrafo Nº 114 acerca de la opinión de Poisson y de d'Alembert sobre el principio de proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas. El mismo d'Alembert opina, sin embargo, que los otros principios generales de la mecánica pueden ser establecidos por el solo razonamiento, como otras tantas consecuencias lógicas de la noción de la existencia de la materia y del movimiento. He aquí sus palabras: «Es absolutamente evidente que limitándonos a suponer la existencia de la materia y del movimiento, ciertos efectos deben resultar necesariamente de esta doble existencia...; que, entre los diferentes efectos posibles, hay uno que en cada caso debe producirse indefectiblemente como consecuencia de la sola existencia de la materia, y haciendo abstracción de todo principio diferente que podría modificar o alterar este efecto. He aquí, pues, el camino que un filósofo debe seguir para resolver este problema (el de saber si la verdad de las leyes de la estática y de la mecánica es necesaria o contingente). En primer término debe procurar descubrir por el razonamiento cuáles serían las leyes de la estática y de la mecánica en la materia abandonada a sí misma; debe examinar luego mediante la experiencia cuáles son esas leyes en el universo, si unas y otras son diferentes; concluirá de esto que las leyes de la estática y de la mecánica, tales como las de la experiencia, son contingentes, puesto que serán consecuencia de una voluntad particular y expresa del Ser Supremo; si, por el contrario, las leyes dadas por la experiencia concuerdan con las halladas por el solo razonamiento, deducirá que la verdad de las leyes observadas es necesaria, no porque el Creador no haya podido establecer leyes completamente diferentes, sino en el sentido de que no ha juzgado conveniente establecer otras que las que resultan de la existencia misma de la materia.» (Discurso preliminar del *Traité de Dynamique*, edic. de 1758, págs. 25 y siguientes.)

geómetras hayan tenido razón al pensar así; por el contrario, hemos procurado dar las explicaciones más adecuadas para resolver los paralogismos en los que, en nuestra opinión, han incurrido; pero semejante divergencia de opiniones, tratándose de problemas de esta índole, nos indica claramente que participan de todos los caracteres de la especulación filosófica; que se refieren a la crítica de las ideas tanto como al análisis de los hechos, y que así pertenecen a la filosofía de la ciencia más que a la ciencia propiamente dicha o a la ciencia positiva. Los prolegómenos de la física en los que se discuten estos problemas, componen lo que Kant ha llamado la «parte pura» de la física, y este filósofo, si bien no lo ha explicado muy claramente, por lo menos ha captado aquellos caracteres por los cuales esta física superior se acerca a la especulación matemática, y se diferencia de la física propiamente dicha (*).

119. Además, guarda una estrecha afinidad con lo que se ha convenido en llamar metafísica, y especialmente con la teoría metafísica del tiempo y del espacio, que es el fundamento de la filosofía de Leibnitz. Imaginemos un sistema que abarque en su extensión indefinida todos los cuerpos que componen el mundo físico; si la materia no fuera indiferente al movimiento y al reposo, habría una diferencia esencial y perceptible entre el estado del sistema, cuando los cuerpos están absolutamente fijos y el estado del mismo sistema, cuando las partículas que lo componen se animan por un movimiento común de traslación, en virtud del cual describirán, con igual velocidad, rectas paralelas, sin que nada se altere en sus posiciones relativas, y en consecuencia en las acciones que ejercen unas sobre otras. La experincia (sobre todo la que resulta de la observación de los fenómenos astronómicos) prueba lo contrario; pero esto mismo también podrá negarse antes de cualquier experiencia, en cuanto se admita con Leibnitz, que la idea del espacio no es más que una idea de relación, y que la razón no puede concebir más que movimientos y reposos relativos (**).

(*) Véase principalmente la introducción a la «Crítica de la razón pura», párrafo V.

(**) Notemos la diferencia fundamental que existe a este respecto entre los movimientos rectilíneos de traslación y los movimientos de rotación. Al mismo tiempo que concebimos el mundo como ilimitado o indefinido, podemos imaginarnos que los cuerpos que, en número infinito componen el mundo, participan todos en el común movimiento rectilíneo de traslación, mientras que la idea de un movimiento común de rotación va directamente contra ese gran pensamiento de que «el centro del mundo está en todas partes y su circunferencia en ninguna». Implica

Las mismas consideraciones se aplican al principio de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas. Imaginemos para simplificar, que las partículas materiales m', m'', m''', etc., que suponemos de igual masa, estén sometidas a la acción de fuerzas iguales F, que las hacen describir, con la misma velocidad, rectas paralelas; además, que una fuerza F' actúe en la misma dirección, únicamente sobre la partícula m'; sería necesario que esta fuerza F' tenga por efecto comunicar a m' una velocidad relativa, completamente independiente del movimiento común del sistema producido por la acción de las fuerzas F sobre todas las partículas m', m'', m''', etc., de las que se compone. Así, pues, si consideramos aisladamente la m', sometida a las fuerzas F, F', será preciso que los efectos de estas dos fuerzas se agreguen pura y simplemente, y cada fuerza producirá su efecto como si la otra no existiera: la velocidad total será la suma de las velocidades que cada fuerza, actuando aisladamente, haya comunicado a la partícula m'. En consecuencia una fuerza doble, es decir, la reunión de dos fuerzas capaces de impribir separadamente velocidades iguales, comunicará una velocidad doble; una fuerza triple imprimirá una velocidad triple; en una palabra, las velocidades crecerán proporcionalmente a las fuerzas que las producen. Si admitimos, pues, con Leibnitz, que nada absoluto hay en las ideas de espacio y de movimiento, el principio de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas no requerirá la intervención de la experiencia, así como tampoco la necesita el principio de inercia con el cual, en realidad, constituye un todo. Tampoco es un teorema matemático o una definición puramente lógica; es un axioma filosófico.

que el mundo tiene un centro colocado en un punto determinado del espacio, y que está comprendido en una esfera de radio finito, puesto que no podemos admitir una velocidad absoluta que aumente más allá de todo límite con la distancia del móvil al centro de rotación, o que sea infinita a una distancia infinita del eje (23). Así, no ocurre lo mismo con el movimiento común de rotación y el movimiento común de traslación, y el primero se nos puede manifestar por fenómenos perceptibles, aun cuando nuestras observaciones no se extiendan más allá del sistema de los cuerpos que participan en el movimiento común. Es así como la observación (que se hizo tan célebre en los últimos tiempos) de la desviación progresiva del plano de oscilación de un péndulo daría un índice del movimiento de rotación de la tierra, aun en el caso de que la observación del movimiento diurno de los astros no nos sugiriera la posibilidad de explicar esas apariencias por la hipótesis de un movimiento de rotación común al globo terrestre y a los cuerpos pendulares, u otros, colocados en su superficie, y que participan en el mismo sistema. Así también podríamos, en rigor, y aunque todos los astros permanecieran ocultos, descubrir la elipticidad de la tierra y las variaciones de intensidad de la gravedad, según las elipses meridianas, de manera que tendríamos una idea de la fuerza centrífuga que da cuenta de esos fenómenos y del movimiento de rotación que produce dicha fuerza centrífuga. En cambio, en las mismas circunstancias, nada nos haría sospechar el movimiento de traslación que podría animar nuestro sistema terrestre. Entonces, junto a las analogías geométricas entre el movimiento rectilíneo y el circular, sobre las que hemos insistido y que ligan entre sí las teorías de la cinemática y la estática, una geometría superior nos hace captar el contraste adecuado para explicar filosóficamente la diferencia esencial que debemos establecer entre el movimiento rectilíneo y el circular, desde el punto de vista de la mecánica física (35, 92 y 106).

120. Si queremos (como lo desean algunos espíritus elevados), liberar en la medida de lo posible el sistema de nuestros conocimientos científicos, de toda consideración metafísica del tipo de las que acabamos de indicar, es claro que habrá que considerar el principio de inercia, el de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas, etc., como datos de la observación; pero ¿en qué sentido? Vamos a citar primeramente las palabras de Laplace, es decir, del jefe de aquella escuela que está más en guardia contra las ilusiones de la metafísica y más inclinada a buscar apoyo en la experiencia. «La ley de la inercia es, por lo menos, la más natural y la más simple que podamos imaginar y, por otra parte, se confirma por la experiencia; en efecto, observamos que sobre la tierra los movimientos duran más tiempo a medida que disminuyen los obstáculos que se les oponen y esto nos lleva a creer que, sin dichos obstáculos, durarían siempre. Pero la inercia de la materia es especialmente notable en los movimientos celestes que, desde hace numerosos siglos, no han sufrido alteraciones sensibles. Por esto consideramos la inercia como una ley de la Naturaleza y al observar una alteración en el movimiento de un cuerpo, lo suponemos debido a la acción de una causa extraña» (*). ¿Acaso hay que concluir de este párrafo, que si los perfeccionamientos de las tablas y de las observaciones hubiesen señalado a Laplace rastros de alteraciones sensibles en los movimientos de los cuerpos celestes, su fe en el principio de la inercia de la materia se hubiese alterado? No, por cierto, y si hoy todavía se buscan semejantes rastros, no es para someter la ley de la inercia a una prueba decisiva, sino más bien para tratar de concluir de ella la existencia de un medio etéreo que ofrezca una resistencia apreciable a los movimientos de los astros. Aunque se encontraran alteraciones del tipo de las que no pueden ser explicadas por la resistencia de un medio, se preferiría atribuirlas a alguna causa desconocida, antes que abandonar un principio o idea que se considera como fundamento de la filosofía natural. Análogamente, si se diera el caso de que dos imanes colocados juntos comunicaran a una partícula de hierro, una velocidad mayor o menor que la suma de las velocidades que imprimiría cada uno de los imanes actuando solo, no se considerará que esta experiencia anula el principio de la proporcionalidad de las velocidades y las fuerzas, sino que se preferirá deducir de esta experiencia, que las fuerzas magnéticas influyen unas sobre otras, por alguna razón igno-

(*) «Mécanique céleste», 1 parte, libro I, cap. 2.

rada, de manera que llegan a poseer una energía mayor o menor que la que poseería aisladamente (95).

121. La experiencia, por sí sola, no establece más que un hecho que por experiencia misma, se encuentra fuera de toda impugnación; pero casi siempre el enunciado de un principio o de una ley física, expresa a la vez un hecho y una idea, o una manera de concebir la razón de un hecho. Por ejemplo, se somete un gas a diversas presiones y se observa que el volumen de la masa gaseosa está o no en razón inversa a las presiones que soporta: he ahí un hecho puro y simple, que puede establecerse con precisión y al que deberán plegarse todas nuestras ideas y teorías; son estos hechos, comprobados por la experiencia, los que componen la parte positiva de las ciencias físicas. Supongamos que el hecho consiste en lo siguiente: los volúmenes están sensiblemente en razón inversa a las presiones, para aquellas presiones que, en general, se ejercen sobre los gases, mientras que se produce un alejamiento apreciable de esta regla cuando las presiones exceden ciertos límites; la simplicidad de la regla observada en primer término y la pequeñez de las diferencias advertidas luego, podrían sugerirnos la idea de atribuirlas a diversas causas que se subordinan unas a otras; las unas dan lugar a la relación que se expresa en términos tan simples, y las otras intervienen como causas accesorias y perturbadoras. Distinguiremos así, o podríamos distinguir mentalmente, dos elementos no aislados por la observación, y según hagamos o no esta distinción, el mismo hecho será concebido de dos maneras diferentes. Los motivos que nos llevarían a preferir una de estas concepciones son de la misma naturaleza, si no del mismo peso, que los que nos llevarían a admitir la existencia de una fuerza desconocida que altera el movimiento de los cuerpos (cuando la observación nos enseña que este movimiento se altera y que la causa no es aparente), antes de suponer que la materia es, según las circunstancias, inerte o no inerte (105). En un caso como en el otro, el espíritu se decide por una visión de conjunto de los fenómenos y conforme a la ley suprema de la razón, que aspira a establecer en todas partes, en la medida de sus fuerzas, el orden, la unidad, la simplicidad. Es así como, en el sistema de nuestro conocimiento, junto al hecho sensible sobre el que puede actuar la experiencia y que ella decide irrevocablemente, junto a la verdad matemática que comporta una demostración formal y rigurosa, viene a colocarse una idea o concepción filosófica que la razón prefiere, que puede, en ciertos casos, ser aceptada por espíritus elevados, pero que no admite ni la prueba experimental, ni la demostración matemática (57 y sig.) En una palabra, el hecho que atestigua la experiencia, debe ser interpretado por una idea; la idea adoptada para la interpretación del hecho general o dominante, influye necesariamente en la interpretación de todas las experiencias relativas a hechos secundarios o subordinados. De donde se sigue que cuanto más general sea una ley física, tanto menos adecuada para ser establecida por la experiencia de manera directa y perentoria, a causa de la multitud de circunstancias accesorias que complican el efecto, y cuya influencia no puede ser aprecida más que por teorías que presuponen ese mismo principio que queremos comprobar empíricamente. Pero, al mismo tiempo, las inducciones filosóficas en favor de esta ley serán cada vez más convincentes, a causa de la infinita multitud de hechos que reúne y de los vastos desenvolvimientos del sistema en el que introducen el orden o del que dan la clave. Tal es el caso de los principios que nos ocupan en este momento.

122. Estos principios están, pues, fundados en la experiencia, ya que sería preciso abandonarlos, si la experiencia nos proporcionara hechos que no pudieran ser interpretados a la luz de dichos principios sino de manera forzada, mediante irregularidades y complicaciones que serían rechazadas por nuestra razón. Y, sin embargo, la prueba que implican es más bien racional que sensible; no resulta, ni puede resultar (fuera de los argumentos a priori que hemos tratado más arriba) más que de la aprobación dada por la razón al orden y regularidad que estos principios introducen en las torías que damos para la explicación e interpretación de los hechos que observamos. Y de todo esto, debemos concluir que la discusión de estos principios es tarea de crítica filosófica, y que no podemos abordarla sin abandonar el terreno de la ciencia propiamente dicha, de la ciencia positiva, y que pertenece esencialmente a lo que algunos llaman metafísica y que debiéramos llamar filosofía de las ciencias.

CAPÍTULO V

De la doble naturaleza de las aplicaciones de la mecánica física. Resumen sinóptico.

123. Hemos insistido largamente sobre el paso de la geometría o de la teoría geométrica del movimiento a la mecánica física; ahora tenemos que examinar cómo se efectúa el pase de la mecánica física a la física propiamente dicha. Pero en primer lugar, conviene tener una idea justa de las relaciones de la mecánica con otras ciencias físicas; y a este respecto, como a propósito, por otra parte, de cosas muy distintas, bien pronto nos sorprende un contraste singular, entre el hecho por un lado y el derecho o pretensión por el otro. En efecto, según las concepciones teóricas generalmente admitidas, desde la renovación de las ciencias, la mecánica tiene la pretensión, y quizá el derecho, de subordinar a toda la física. En las ciencias físicas, solamente podría considerarse racional, completa y definitiva una explicación, cuando deriva matemáticamente de los principios de la mecánica: así las hipótesis, las teorías todavía no explicadas por la mecánica, solamente figurarían entre las ciencias que tienen como objeto fenómenos materiales, a título de andamiaje empírico y provisorio, del que las ciencias se desembarazarían a medida que, al perfeccionarse, dieran mayor asidero al instrumento matemático, instrumento que se perfeccionaría al mismo tiempo. Ni la química, ni la óptica, ni ninguna otra rama de las ciencias físicas, tiene semejantes pretensiones de supremacía o de universalidad. Por otro lado, en realidad, y si nos atenemos a lo que hay de positivo en el sistema de nuestros conocimientos científicos, el mecánico tiene su dominio, como el químico o el físico propiamente dicho poseen el suyo; la química y la física progresan y sufren sus evoluciones sin que haya progresos o evoluciones correspondientes en geometría o en mecánica. En consecuencia, el derecho y el hecho merecen ser discutidos filosóficamente.

124. Tanto el mecánico, como el físico y el químico, carecerían a menudo de recursos si no acudieran a la experiencia

propiamente dicha, a la que actúa sobre fenómenos especiales y que emplea aparatos de precisión (118); pero hay que distinguir cuidadosamente entre los préstamos de la experiencia física, que son impuestos por la actual imperfección del instrumento matemático, y aquellos cuya necesidad depende del fondo de las cosas o de las condiciones esenciales del conocimiento humano. Así el problema de las perturbaciones planetarias, ya tan espinoso, sería completamente rebelde a nuestro análisis actual sin las particularidades muy singulares que presenta la constitución del sistema solar. Sería entonces necesario determinar empíricamente (como lo hacían los antiguos) las leyes de los movimientos planetarios que, sin embargo, se encontrarían virtualmente comprendidos en los datos matemáticos del problema, aunque los recursos imperfectos de nuestro análisis no nos permitieran extraerlos mediante el solo cálculo. Bajemos desde el cielo a la tierra, y consideremos los movimientos de una masa líquida, abstrayendo previamente la viscosidad, el frotamiento de las moléculas líquidas entre sí y contra las paredes de los canales o recipientes que las encierran; en una palabra, todo aquello que no se encuentra en la definición matemática de la liquidez perfecta. El problema de la «hidráulica» se simplificaría mucho de este modo, y, sin embargo, todavía habría que recurrir a la experiencia para establecer la mayor parte de las leyes del derrame de los líquidos; pero esto se debería solamente al estado imperfecto del instrumento matemático; en efecto, el problema en sí, planteado de esta manera, comporta una solución puramente matemática, lo mismo que el problema de las perturbaciones planetarias. Por el contrario, admitamos que se quiera tener en cuenta (y en efecto la práctica lo exige) las circunstancias físicas recordadas más arriba: de esto resultará la necesidad intrínseca de recurrir a la experiencia física para determinar los efectos de la viscosidad, del frotamiento, etc. En su mayoría, los físicos modernos están de acuerdo, es verdad, en que estos efectos se explicarían mecánicamente y podrían comprenderse virtualmente en una fórmula matemática si la constitución molecular de los cuerpos nos fuese conocida; están de acuerdo en ello, decimos, pero esto no es más que una hipótesis filosófica cuyo origen habría que buscarse más lejos, y cuyo valor habría que discutir. Si se quiere, y con razón, distinguir en las ciencias la parte positiva de la parte hipotética o conjetural, habrá que admitir que el mecánico, para todo lo que atañe a la estructura interna y molecular de los cuerpos, debe salir de su dominio propio y recurrir a la física propiamente dicha, sin perjuicio de que espíritus más aventurados resuelvan lo mejor posible, y a la luz de hipótesis más o menos plausibles, todos los problemas

de la física en problemas de mecánica. Esto sucederá mientras las condiciones esenciales del conocimiento humano no varíen, mientras las últimas moléculas de los cuerpos y las fuerzas que los solicitan escapen a la comprobación directa, como con toda seguridad seguirán escapando siempre.

125. Por otra parte, en la mecánica de los cuerpos celestes tratamos con cuerpos aislados unos de otros, que no se encuentran ni se chocan, ni comprimen, de manera que no tenemos por qué preocuparnos, en lo que a estos cuerpos concierne, de las condiciones de la estructura molecular de la que dependen los fenómenos de presión, de tensión o de choque. Solamente adquirimos la idea de presión al observar que los cuerpos se deforman, por poco que sea, en las proximidades de los puntos en los que se aplican fuerzas externas, y que esta deformación, siempre muy pequeña cuando se trata de cuerpos sensiblemente rígidos, o de líquidos que llamamos, impropiamente, incompresibles, nacen las reacciones moleculares internas en virtud de las cuales las fuerzas externas se equilibran o neutralizan parcialmente.

Si los cuerpos se encuentran de manera tal que dan lugar al fenómeno de percusión o del choque, las deformaciones en las proximidades de los puntos de encuentro se hacen más pronunciadas; la estructura molecular, las presiones o tensiones internas podrán variar considerablemente en un tiempo muy corto; esto no impedirá que nuestros físicos admitan, con toda razón (34), que solamente hay cambio brusco en apariencia, y para una observación superficial. La mayoría de los filósofos del siglo XVII que querían

Dans ce temps ou Rohaut séchait pour concevoir,
Comment, tout étant plein, tout a pu se mouvoir (*).

reducir la explicación de todos los fenómenos corporales a choques entre partículas perfectamente sólidas o rígidas, emprendieron la tarea de fundar sobra razonamientos a priori una teoría matemática de la percusión o del choque. Todavía se discutían estos razonamientos en el curso del siglo siguiente; pero todo esto es considerado hoy como carente de valor científico, puesto que es por lo menos muy dudoso que las partículas o átomos dotados de rigidez absoluta sean otra cosa que una concepción del espíritu y que tenemos buenas razones para admitir que dichos átomos, si es que existen, no pueden tocarse ni, por consiguiente, chocarse, en el sentido que los partidarios de Descartes y Gassendi daban a esta palabra.

(*) En ese tiempo en que Rohaut perecía por saber,
Cómo, estando todo lleno, todo pudo moverse.

126. La consideración de las presiones o tensiones internas, la necesidad de tener en cuenta los lazos físicos por medio de los cuales los cuerpos se atraen, se comprimen y actúan unos sobre otros, es lo que constituye la diferencia esencial entre la mecánica de los geómetras, especialmente aplicable a los movimientos de los cuerpos celestes y la mecánica de los mecánicos, de los ingenieros, que sobre todo tienen en cuenta el uso de las máquinas y la utilidad que puede sacarse de los motores naturales. Desde hace dos siglos, estas dos ciencias que llevan el mismo nombre están en contraste, y hasta cierto punto, en conflicto; y dicho contraste, si no conflicto, depende del fondo de las cosas. En la mecánica que se aplica al movimiento de los cuerpos celestes se concibe que los cuerpos actúen a distancia unos sobre otros, con una acción permanente que no se agota o desgasta por el ejercicio (83), y que subsistiría aun cuando el cuerpo, cuya acción pone en movimiento otros cuerpos, estuviese fijo, y fuese incapaz de adquirir ningún movimiento por sí mismo. Por el contrario, en la mecánica de las máquinas no existe, hablando con propiedad, acción a distancia, porque no es la gravedad o la fuerza atractiva del globo terrestre la que se considera como fuerza motriz, sino los pesos tomados directamente como motores; y todos los motores naturales, peso, viento, curso de agua, resortes, gas o vapores que se expanden, animales de tiro, etc., no pueden actuar sobre nuestros aparatos mecánicos más que por medio de lazos materiales, moviéndose en el sentido según el cual solicitan los cuerpos que ponen en movimiento, y consumiendo así, por su caída, por su expansión o por cualquier otro modo equivalente la cantidad de «fuerza viva» o «trabajo» (86) que la naturaleza o el arte habían almacenado en ellos, por decirlo así, y que la ciencia del mecánico recoge y utiliza.

127. No hay que confundir las ideas de «tracción» y de «atracción» que permanecen netamente diferentes, aunque una sugiera la otra. La dificultad de admitir la idea newtoniana de atracción no residía únicamente, como se ha supuesto, en la dificultad para concebir que un cuerpo puede actuar sobre otro sin un intermediario material: dependía igualmente de la dificultad de concebir que un cuerpo actúe como motor, sin moverse él mismo en el sentido en que se ejerce la acción. Los maravillosos triunfos de los geómetras en la explicación de los fenómenos astronómicos y los terrestres que dependen de la misma ley, como los del aplanamiento de la tierra y las mareas, han obligado a admitir la idea de atracción a título de principio o dato fundamental; y desde entonces en el edificio teórico construído sobre esta base, la idea de fuerza viva

o de trabajo, como es llamada ahora, ya no es sino una idea derivada o más bien el signo que abrevia una combinación de ideas. La definición de fuerza viva y de trabajo sólo es lo que los lógicos llaman una definición verbalista.

128. Por el contrario, la idea de tracción difiere de la de atracción en que implica a la vez un esfuerzo y un desplazamiento en el sentido del esfuerzo; la tracción no es más que el elemento de la fuerza viva o del trabajo o, si se quiere, el consumo de fuerza viva o de trabajo no es más que la suma de las tracciones que se suceden sin discontinuidad durante un tiempo dado. Si la idea de tracción es el punto de partida, la noción primitiva, los mecánicos e ingenieros tienen razón de fundar sobre la consideración directa de la fuerza viva o del trabajo, de la fuerza que se almacena, distribuye, consume y utiliza con la ayuda de máquinas (87), la teoría científica que tendrán que utilizar. No solamente la elección de esta idea, como idea primera, es para el espíritu humano la cosa más natural, sino que la elección de cualquier otra, en la materia de que se trata, sería puramente hipotética. En efecto, es solamente mediante una hipótesis pura, cuyo examen será objeto de otro capítulo, que en nuestras modernas teorías admitimos que todo fenómeno de tracción se resuelve (de manera hasta ahora inexplicable, o explicada muy imperfectamente) en fenómenos de atracciones a distancia, más o menos análogos a los que se explican por la atracción newtoniana, ya ocurran éstos en los cielos o en la tierra. Así, pues, el que quiera fundar la mecánica de las máquinas sobre la noción de fuerza o de acción a distancia, tal como prevalece con justicia a título de idea fundamental en la mecánica celeste, se verá obligado, en la construcción de una ciencia eminentemente positiva, a recorrer toda una serie de hipótesis que nada tienen de positivo, nada de matemáticamente demostrado, nada de físicamente observable, para llegar, por medio de deducciones y combinaciones, a la idea de fuerza viva o de trabajo, y entrar así en el dominio de la ciencia positiva. Es no solamente mucho más natural, sino mucho más lógico atacar el problema de entrada, tal como el espíritu humano lo concibe en primer término, y desembarazarse de todo el aparato de premisas arbitrarias o superfluas.

129. Todas estas consideraciones nos explican por qué, desde Newton y Leibintz, dos escuelas de geómetras conciben de dos maneras diferentes el ordenamiento de la ciencia de la mecánica, según las aplicaciones físicas que de ella deban hacerse. Nos dan la clave y la solución conciliadora de esa famosa disputa

de la «medida de la fuerza», tan agitada en los últimos dos siglos, y reavivada en nuestros días a propósito de los métodos de enseñanza y de dirección que debe darse a los estudios de la juventud. Ambos sistemas deben estar, y estarán siempre, uno frente a otro; se completan recíprocamente y responden, por su asociación, a una doble exigencia de la lógica y de la filosofía natural.

Por otra parte, vemos que no era completamente errada la opinión de los antiguos de que las leyes a las que obedecen los movimientos celestes deben diferir en algún punto esencial de las que rigen los fenómenos del mundo sublunar (77). La escuela cartesiana tomaba la posición opuesta al intentar explicar, con su mecanismo de presiones y choques corpusculares, todos los fenómenos celestes; y de modo diferente, caemos en la misma afirmación exagerada, al dar fe absoluta a las hipótesis según las cuales todos los fenómenos de la física corpuscular se explicarían por acciones a distancia, imaginadas según el modelo de la atracción newtoniana.

130. Hemos tratado, en lo que precede, de explicar la filiación de todas las ideas fundamentales de la mecánica y la idea que, según esto, debemos hacernos de la construcción lógica de esta ciencia esencial; pero, generalmente, una genealogía es más clara cuando está acompañada por el árbol genealógico (20). En consecuencia, transcribimos a continuación el cuadro correspondiente.

GEOMETRÍA PURA

Idea de movimiento, aislada de la idea de fuerza	Idea de esfuerzo permanente sin movimiento (fuerza muerta).	Idea de fuerza disponible y agotable (fuerza viva, trabajo).
CINEMÁTICA	ESTÁTICA	
o teoría de la transformación y de la composición de los movimientos.	o teoría de la equivalencia y de la composición de las fuerzas en el estado de equilibrio	
	deducida	
Rectilíneos o de traslación.	De la consideración de las fuerzas muertas,	De la consideración de las fuerzas vivas y
	De los principios del paralelogramo de las fuerzas,	
Circulares o de rotación.	De los principios del equilibrio de la cabria o palanca.	Del principio de la conversión de la fuerza viva o del trabajo.

IDEAS DE MATERIA, DE MASA, DE INERCIA

Paso de la cinemática a la mecánica física, por la medida de las cantidades de movimiento.	Paso de la estática a la mecánica física por la medida de las fuerzas.
Principio de la independencia de los movimientos.	Principio de la proporcionalidad de las fuerzas y las velocidades.

MECÁNICA FÍSICA

Aplicación de los principios de la mecánica física fundados

en la noción de fuerza inmanente, de atracción o acción a distancia		en la noción de fuerza viva, de tracción o de trabajo ejercido por el intermediario de lazos físicos, con desplazamiento de los motores.
Mecánica celeste, balística, etc.	Explicación hipotética de las presiones y otros fenómenos de la física corpuscular.	Teoría de los motores. Dinámica de las máquinas. Mecánica de los ingenieros.

No trataremos de justificar en todos sus detalles las disposiciones de este cuadro, porque sería volver a empezar la discusión que hemos querido resumir así sinópticamente; haremos notar solamente que hemos empleado una «línea doble», para señalar una de las divisiones antitéticas que se sostiene en virtud del mismo principio, tanto en el plano inferior del cuadro como en el superior, y creemos que, por esa misma persistencia, debe ser considerada como más esencial o más profunda.

131. Sin embargo, esto no significa que falte toda correspondencia en las otras dos columnas de la izquierda, entre los planos superior e inferior del cuadro. Por el contrario, podemos observar que la noción de fuerzas muertas o inagotables está en relación manifiesta con la determinación de las presiones o tensiones internas, ya que no tendríamos idea del esfuerzo o que, por lo menos, no tendríamos ninguna razón para relacionar esta idea con algo que existe realmente fuera de nosotros, si el estado de la tensión de las moléculas de los cuerpos solicitados por fuerzas permanentes, no nos ofreciera la realización externa de esta idea. Por otro lado, los movimientos que se estudian en mecánica celeste y en balística son precisamente aquellos cuyas leyes y teorías podríamos, en rigor, determinar, basándonos únicamente en nociones de cinemática y descartando toda idea de fuerza y de medida de fuerza.

De acuerdo con todas estas consideraciones, el cuadro precedente podría todavía simplificarse en el esquema siguiente:

GEOMETRIA PURA

Cinemática	Estática	Dinámica

Paso de cada una de las ramas de la mecánica geométrica a la mecánica física

MECÁNICA FÍSICA

Aplicaciones que resultan especialmente

de los principios de la cinemática	de los principios de la estática	de los principios de la dinámica

Teniendo en cuenta la simetría de la expresión, damos aquí a la palabra «dinámica» un significado distinto al que ha prevalecido en nuestros días en el lenguaje de la enseñanza, significado que, a su vez, no es el que aceptaban, con razón, autores más antiguos. Puesto que la palabra Δύναμις significa «fuerza» o «potencia», ¿no es, acaso, contradecir la etimología el oponer (como se hace hoy en las obras didácticas) la dinámica, en cuanto teoría del movimiento, a la estática, en cuanto teoría del equilibrio? ¿Acaso la estática no está fundada sobre la idea de fuerza y únicamente sobre esta idea? Por el contrario, la dinámica, tal como la entendemos, descansa esencialmente sobre la idea de fuerza disponible, es decir, sobre la idea de potencia. Pensamos que la reforma hecha por Ampere al crear la palabra «cinemática» (33) debiera completarse con la que proponemos aquí. Pero si está a nuestro alcance exponer, como todo el mundo, nuestras ideas, en cambio no podemos, como Ampere, introducir reformas en la terminología.

CAPÍTULO VI

De la subordinación de los caracteres y de la clasificación de las teorías físico-químicas.

132. En el cuadro de la filosofía escolástica, tal como todavía se la enseñaba entre nosotros antes de la revolución que, como todo lo demás, cambió el sistema de enseñanza, la física se dividía en dos partes: «physica generalis» y «physica specialis». Esta división se debía a la distinción, famosa durante mucho tiempo, entre las «cualidades primarias» y las «cualidades secundarias» de los cuerpos. Por cualidades primarias los escolásticos y los metafísicos de los tiempos más modernos entendían la extensión, la impenetrabilidad, la movilidad, la inercia, es decir, todas las nociones fundamentales de la mecánica, y por cualidades secundarias, todas las que producen en nosotros impresiones de sabor, olor, color, frío, calor, etc. La enumeración de las cualidades primarias o que pretendían serlo implicaba, pues, la idea de que la mecánica comprendía todo lo que es general o fundamental en la explicación de los fenómenos físicos, idea que ya ha sido examinada (123) y sobre la que volveremos más adelante, y que no nos proponemos discutir aquí. Además, como creemos haber establecido claramente en otra parte (*), nada menos conocido, ni menos susceptible de ser conocido, que el enlace entre las diversas cualidades inherentes a los cuerpos y la propiedad que tienen de excitar en nosotros sensaciones de determinada naturaleza, como colores, sabores, olores, etc.; en cambio, nos damos perfectamente cuenta de la relación que existe entre la propiedad que poseen todos los cuerpos al alcance de nuestros sentidos, de ser extensos, y la idea que tenemos de la extensión.

133. Mucho antes de que la división usada por los filósofos de la antigüedad y los doctores medievales cesara de enseñarse en las escuelas, ya había desaparecido la ciencia, sin que se hubiese encontrado en su reemplazo una división adecuada

(*) «Essai...», caps. VII y VIII.

para introducir en el sistema de las ciencias físicas el orden, la clasififcación, el método que, por cierto, faltan actualmente. Cuerpos de ciencia como la química, la cristalografía y la óptica, al mismo tiempo que conservan relaciones necesarias con otras ramas de la física, tienden a adquirir una constitución propia e independiente, cada vez más regular intrínsecamente, sin que el conjunto de esos miembros aislados ofrezca regularidad. Lo que ha quedado para formar la física propiamente dicha (según la expresión corriente), ha sido solamente una especie de indicación «incertae sedis», más que una ciencia una colección de fragmentos científicos muy poco coherentes. Véase especialmente cuánto deja que desear la noción que la ciencia actual nos da de los caracteres «físicos» de los cuerpos, en oposición a sus caracteres «químicos». Por una parte, se comprende entre los caracteres físicos aquello que constituye, ciertamente, lo más esencial de los cuerpos y que, por eso mismo, prevalece sobre los caracteres químicos, a saber: las propiedades mecánicas, la movilidad, la inercia, la masa, la gravitación; por otra parte, se comprenden también caracteres que dependen de las circunstancias más accesorias de la estructura o del modo de agrupación de las partes, caracteres que están lejos de ser considerados íntimos, esenciales o fundamentales en un mismo grado que los caracteres químicos. Así, pues, la gradación y la subordinación racional quedan perjudicadas por el empleo de semejante lenguaje. La definición de la categoría de los caracteres físicos es puramente negativa; esta categoría parece haber sido establecida nada más que para recoger confusamente aquellas cualidades de los cuerpos que no podemos agrupar entre los caracteres químicos, por carecer de motivos suficientes para ello.

134. La observación de que el libro de la ciencia es, por lo menos, un registro doble, se aplica sobre todo al sistema de las ciencias físicas, y explica empleos dobles que colocan ya un obstáculo a la coordinación regular de todas las partes del sistema. La reacción química del azufre y del carbono, por ejemplo, debe figurar esencialmente, tanto en la historia del azufre como en la del carbono, mientras que podemos lograr que la historia de una especie viviente no dependa, o dependa muy poco, de la historia de la mayoría de las otras especies. Esto no es más que un detalle, y la misma observación se aplica en proporciones mucho mayores, sobre todo a propósito de partes de la física que tienen por objeto esos agentes misteriosos que llamamos «flúidos imponderables». El conocimiento, tal como lo poseemos, de estos agentes, la luz, por ejemplo, está ciertamente subordinado al conocimiento que tenemos de los cuer-

pos ponderables, al mismo tiempo que la mayoría de las acciones sufridas por los cuerpos ponderables sólo se nos manifiestan por medio de las impresiones que la luz produce en nosotros. El estudio que hacemos de las modificaciones sufridas por la luz, al llegar o penetrar en medios ponderables, tiene muchas veces, como fin y como resultado, el instruirnos acerca de la estructura de estos medios, y más a menudo todavía, tiene como fin y resultado, el análisis de la luz misma, la manifestación de su constitución propia y de sus caracteres esenciales. Así la óptica está constituída desde hace mucho tiempo como una ciencia propia, como un cuerpo de doctrina especial y autónomo, a pesar de sus conexiones con otras ramas de la física, unas fundadas sobre la analogía, sobre la afinidad de naturaleza y otras (que consideramos particularmente en este momento), dependiendo necesariamente del hecho de que toda relación implica dos términos. Por el contrario, cuando ignorábamos las propiedades del calor de irradiación, tan perfectamente análogas a las de la luz (92), cuando sólo sabíamos que el calor tenía la propiedad de dilatar los cuerpos, de fundirlos y vaporizarlos, de propagarse por el contacto de una molécula con otra, realmente no había por qué concebir una teoría del calor como un cuerpo especial de doctrina, ya que de la reunión de todos estos hechos no podía resultar ninguna noción positiva acerca de la constitución propia del calor y las leyes que lo gobiernan, abstrayendo los cambios aparentes que opera en los cuerpos ponderables.

Así, por un lado, la intimidad y la reciprocidad de relaciones entre las diversas partes de las ciencias físicas, mucho mayores que para cualquier otro grupo de ciencias, como lo veremos mejor a continuación, oponen más obstáculos a una coordinación didáctica que represente exactamente, sin dobles empleos, la coordinación real de los fenómenos y de sus leyes; por otra parte, el contraste grande y fundamental entre las propiedades de los cuerpos ponderables y las de los agentes imponderables, introduce en el cuerpo de la doctrina una antítesis perpetua de una especie particular: el progreso de las teorías tiende a despejar por el pensamiento y a aislar en la exposición aquello que los hechos de observación unen de manera indisoluble.

135. Admitamos, sin embargo, como división primordial, desde el punto de vista teórico y didáctico, la distinción entre la física de los cuerpos ponderables y la de los agentes imponderables, sin dejar de tener en cuenta, como debemos hacerlo, sus perpetuas y necesarias conexiones; ¿existe, para una u otra rama, o para ambas a la vez, otro principio de distinción y de clasificación? He ahí el que, después de maduras reflexiones, proponemos confiadamente.

Todas las explicaciones que damos o tratamos de dar de los fenómenos físicos, sea por medio de figuras, de movimientos o de fuerzas, es decir, por medio de la geometría pura, la cinemática o la dinámica, suponen longitudes, distancias, velocidades, esferas de acción que podemos observar, medir por medios directos o indirectos o por lo menos apreciar, o bien por el contrario, esas longitudes, distancias, velocidades, esferas de acción, son consideradas como de un orden tal de pequeñez, que escapan absolutamente a todos nuestros medios de observación y de medida, de manera que no tenemos, ni podemos tener, ninguna noción de su dimensión absoluta y, en realidad, para nosotros, sólo tienen una existencia hipotética y conjetural. Por lo tanto, podemos admitir en las ciencias físicas dos claves, dos rúbricas o categorías dominantes: habrá una física de los «cuerpos sensibles» y una física «infinitesimal», «corpuscular» o «molecular».

Pero esa calificación de «sensibles» no debe introducir equívocos. Se ha logrado, con la ayuda de procedimientos muy indirectos pero muy ingeniosos, medir la longitud excesivamente pequeña de las ondas luminosas; se sabe, por ejemplo, que la longitud de onda para el rayo violeta extremo es igual a 1/2.500 de milímetro, o más exactamente a 406 millonésimos de milímetros; he ahí seguramente una magnitud que nos es permitido llamar imperceptible, pero aunque fuera todavía mucho más pequeña, no pertenecería al orden de las magnitudes infinitesimales de las que queremos hablar, desde el momento en que podríamos medirla por experiencias indirectas, o solamente comprobar experimentalmente su existencia. Un grano de almizcle emite durante años partículas olorosas, sin disminuir perceptiblemente su peso y, en consecuencia, la pequeñez de las partículas que a cada momento se depositan sobre la membrana olfatoria para determinar la sensación olfatoria, excede todo lo que la imaginación puede representarse y, sin embargo, no es indeterminable por naturaleza. Podemos imaginar pesadas tan delicadas que permitieran conocer el peso de las partículas emitidas durante un tiempo muy largo; luego, por medio del cálculo, podría conocerse el peso de las partículas que llegan a la membrana olfatoria, durante un tiempo muy corto, y finalmente el volumen que ocuparía la reunión de esas partículas en estado concreto. Por el contrario, no hay físico, ni químico, que deje de considerar las dimensiones, las distancias de las últimas moléculas o de los átomos sobre los que razona, como absolutamente indeterminable por naturaleza y no solamente a causa de la imperfección de nuestros sentidos. Y ¿cómo podría ser de

otro modo, puesto que nuestros sentidos y todos los aparatos que construimos para ayudarlos, suponen en su construcción cuerpos ya constituídos, es decir lo que los escolásticos hubieran llamado el fenómeno de la «corporeidad»? De manera que está en la esencia de las cosas, y en cierto modo es matemáticamente necesario, que no puedan actuar sino sobre otros cuerpos constituídos y no sobre los elementos infinitesimales de los cuerpos, tales como los concebimos para satisfacer la necesidad de nuestras especulaciones racionales. Si este argumento no pareciera decisivo, por lo menos habría que reconocer que en el estado actual de nuestras ciencias físicas, lo que consideramos como indeterminable por naturaleza, lo es de hecho y en relación a nosotros. Ahora bien, ya es tarea suficiente el ocuparse de la clasificación de los conocimientos adquiridos, dejando a nuestros sucesores el cuidado de clasificar los que adquirirán.

136. Según nos propongamos penetrar más o menos en la economía de los fenómenos y en la explicación de sus causas, determinada clase de fenómenos puede o no resaltar en la física molecular. Hemos observado ya (78) que la cristalografía puede ser presentada de manera tal, que no dependa más que de la idea fundamental de forma y no exija sino la aplicación de principios geométricos; pero en cuanto querramos hacer intervenir la idea de fuerza, no podrá ya tratarse más que de fuerzas moleculares, en el sentido indicado, y entraremos de lleno en el campo de la física molecular. Si estudiamos las condiciones de equilibrio de un líquido en un sistema de vasos comunicantes, partiendo de la idea de que el líquido es un cuerpo pesado cuyo volumen permanece invariable, mientras que la forma cede a la menor presión, a menos que ésta sea destruída por una presión contraria, estaremos haciendo una aplicación de los principios de mecánica que hemos recordado más arriba, todos ellos susceptibles de una confirmación experimental y no saldremos del dominio de la física sensible; pero en cuanto se trate de tener en cuenta particularidades de viscosidad, frotamiento, capilaridad, y que querramos explicarlas dinámicamente, o relacionarlas por una teoría cualquiera, entraremos inevitablemente en los arcanos de la física molecular (124).

137. Al considerar las palabras en su acepción más amplia, la química resulta ser solamente una parte de la física molecular, pero una parte tan importante, en razón de la perfección del encadenamiento teórico y la naturaleza de sus aplicaciones, que se siente la necesidad de designar mediante una expresión compleja, la de ciencias «físico-químicas», el grupo de ciencias en las que la química desempeña papel tan importante. La concepción de los fenómenos químicos depende primitivamente de la noción de «heterogeneidad» de los cuerpos que se nos ofrecen en la Naturaleza, heterogeneidad que se referiría, no ya a partículas sensibles, como para esas mezclas o amalgamas groseras en las que podemos separar, por medios mecánicos, las materias amalgamadas o mezcladas, sino a los elementos infinitesimales de los cuerpos, a la esfera de las acciones moleculares, en la que no penetran nuestras observaciones sensibles. De allí la idea de un análisis y de una síntesis, una de las cuales tiene por objeto descomponer los cuerpos en sus elementos «homogéneos», y la otra recomponerlos, efectuando, directamente cuando sea posible, la combinación de los elementos. Durante mucho tiempo ha podido suponerse, con los antiguos alquimistas y con la mayoría de los químicos hasta mediados del siglo pasado, que los elementos o materias homogéneas, suministradas por el análisis de los cuerpos compuestos y cuya separación es generalmente el fin del análisis químico, no dejan por eso de ser convertibles unos en otros, mediante algún procedimiento natural o artificial, cuya investigación era apropiada para excitar a la vez la curiosidad y la codicia. Inmediatamente después de los grandes descubrimientos de la química moderna, las teorías se encadenaban y expresaban con una regularidad tan sistemática, dentro de la hipótesis de la simplicidad absoluta y, por lo tanto, de la irreductibilidad esencial de los radicales químicos, que era difícil que los químicos no creyesen íntimamente en ella, a pesar de que no dejaran nunca de proclamar, como homenaje obligado a la filosofía de Bacon o Condillac que reinaba en ese entonces, que no tenían al respecto ningún prejuicio y que solamente entendía por radicales o elementos irreductibles, sustancias que todavía no habían podido ser descompuestas. Más tarde, cuando se hubo comprobado que cuerpos compuestos y que podían descomponerse, desempeñaban en combinaciones ulteriores un papel perfectamente análogo al de los radicales químicos, fué necesario, no ya por escrúpulo o conveniencia filosófica, sino por una reserva verdaderamente científica, no prejuzgar sobre la irreductibilidad de los radicales químicos. Por último, desde que la teoría de las relaciones simples entre los «pesos atómicos» o los «equivalentes» de los radicales químicos tiende a prevalecer, estamos obligados inevitablemente, (a poco que se tenga deseos de ir, mediante la inducción filosófica, más allá de los límites estrictos impuestos por la experiencia actual), a considerar la heterogeneidad de los radicales químicos como un hecho derivado, compatible con la homogeneidad primitiva y esencial de los elementos de la materia ponderable.

138. En consecuencia, la determinación del dominio de la

química y la idea que debemos forjarnos de los caracteres químicos, en el estado actual de la filosofía natural, se encuentran notablemente modificadas. Lo propio de la química no es ya hacer y deshacer asociaciones o combinaciones entre elementos heterogéneos, absolutamente irreductibles o no convertibles unos en otros, sino estudiar todos los fenómenos que, en la cadena de los principios y consecuencias, se refieren directamente al principio que ha creado la heterogeneidad de los radicales químicos, que ha constituído el átomo, la molécula o la «unidad» química (9), mediante cuya concepción nos explicamos el encadenamiento sistemático de los fenómenos que son objeto de la química. El análisis y la síntesis, la descomposición y la recomposición, no constituyen ya para el químico teórico un fin, sino un medio de explorar este orden de fenómenos. En tal sentido, el físico que estudia, con la ayuda de las propiedades de la luz, la estructura atómica de un cristal o de un gas, en realidad está haciendo química, mientras que el químico que clarifica un jarabe o rectifica un licor mezclado con agua en proporciones no definidas, no está haciendo química en este sentido filosófico y elevado. Los más hermosos descubrimientos de la física moderna son, indudablemente, los que reúnen, mediante fórmulas deducidas de la constitución química o atómica de los cuerpos, hechos o números antes aislados y que así extienden cada vez más el dominio de la química, en el sentido que acabamos de exponer.

139. En el estado actual de la química, todo se explica por medio de unidades, grupos, combinaciones; todo depende de la aritmética y la sintáctica pura; ninguna explicación que haya ocupado hasta ahora un sitio en la ciencia, resulta de las relaciones o de las configuraciones geométricas, ni es dada por una intuición o construcción geométrica, a la inversa de la mecánica física, en la que todo está subordinado a la geometría, en la que los números sólo intervienen artificialmente (13) como el medio que nos sugiere la constitución de nuestro entendimiento para expresar y comparar magnitudes naturalmente continuas. La idea de una fuerza molecular o atómica, dedicada especialmente a la producción de los fenómenos químicos y que llamamos «afinidad», carece de lo que entra esencialmente en la determinación de las fuerzas mecánicas, a saber, la orientación y la medida. En el fondo, sólo interviene como una imagen a la que se acomoda la poesía del lenguaje porque, de hecho, no llena ningún papel en la construcción de la ciencia. Cuando algunos químicos quisieron aplicarla de manera más precisa, desde el punto de vista estático o dinámico, pronto hubo que admitir que habían hecho una aplicación falsa; todos confiesan hoy que la

palabra afinidad, en vez de ser una explicación, oculta fenómenos más complejos en los que intervienen agentes imponderables, de una manera que nos es todavía desconocida.

A medida que la química progresa, se manifiesta más claramente el carácter esencial de los fenómenos químicos y de las leyes que los rigen, carácter que consiste en que todo es preciso, definido, con variaciones bruscas y netas de un estado a otro, en oposición a la ley de continuidad que rige las transformaciones que se observan en tantos otros fenómenos y especialmente en los mecánicos. Mientras que las fuerzas mecánicas, que operan a distancias finitas, engendran efectos que varían con las distancias según la ley de continuidad, las acciones químicas que no dan lugar más que a asociaciones o a disociaciones bruscas y a combinaciones en proporciones definidas. De allí el motivo para considerar el orden de los fenómenos químicos, con todos sus derivados, como inexplicables mediante nociones puramente mecánicas. De igual manera, si los átomos químicos no se diferenciaran unos de otros más que por las dimensiones y figuras, o si (suponiéndolos ya constituídos por la agrupación de otros átomos), las moléculas químicas no difiriesen más que por el número y configuración de átomos elementales, mantenidos a distancia en el interior de cada grupo, no se ve cómo sería posible explicar la distinción neta de los radicales y los compuestos químicos, y la ley de las proporciones definidas. Si la diferencia de las configuraciones y las distancias no puede dar cuenta de todos estos fenómenos, tampoco puede hacerlo la diferencia de las masas, puesto que la masa, en sus variaciones, también está sujeta a la ley de continuidad y que, además, la teoría de los equivalentes químicos establece un contraste notable entre la masa que se considera en mecánica, masa que se mide por el peso o por la inercia, siempre proporcional al peso (104), y lo que podría llamarse masa química que se mide por la capacidad de saturación.

140. Sin embargo, a medida que las combinaciones químicas se complican, ofrecen una menor permanencia y estabilidad y manifiestan así una menor energía en las causas que producen las combinaciones, un menor contraste entre los elementos que se unen «neutralizando» o «saturando», como suele decirse, sus propiedades contrarias. No solamente las moléculas químicas, entre las cuales se opera una unión, tienen una constitución más compleja, sino que se agrupan en cantidades mayores para constituir la molécula supercompuesta; y las proporciones, en vez de expresarse en números muy simples, como 1 y 2, 2 y 3, 3 y 5, etc., son dadas por números del orden de las decenas o centenas. Las moléculas químicas no se agrupan ya por unida-

des, sino por grupos; su individualidad tiende a borrarse. Si damos un paso más, se agruparán en batallones y la individualidad de las moléculas constituyentes ya no se sentirá; la ley de las proporciones definidas, teóricamente mantenida, no podría ya comprobarse positivamente, porque la diferencia de una unidad caería dentro de los límites del error que comporta el análisis; el carácter de discontinuidad impreso a los fenómenos químicos y que no es más que la manifestación del tipo de la individualidad, habrá desaparecido, con todo lo que de él depende, o bien porque efectivamente no subsista, o bien porque nuestras experiencias ya no pueden hacerlo sensible.

141. La serie de los caracteres químicos parece, pues, interponerse entre dos otras series de caracteres que, hasta ahora, se habían reunido bajo la rúbrica común de caracteres físicos; unos podrían ser llamados «hiper-químicos» por cuanto parecen más generales, más fundamentales, más esenciales todavía que los caracteres químicos y que, por lo tanto, los dominan; los otros, que tendríamos que calificar en este sistema de nomenclatura como «hipo-químicos», no tienen ni la persistencia, ni la forma neta de los caracteres químicos y parecen ser el efecto, relativamente débil, de energías moleculares que se agotaron en su mayor parte, en la construcción misma de la molécula química.

Las propiedades esenciales de la materia, que corresponden a los principios generales de la mecánica, a las leyes de la gravitación universal y que, según nuestra manera de concebirlas, pueden y deben subsistir en los últimos elementos de los cuerpos, aun antes de su formación, antes de la constitución del átomo o de la molécula química, antes que se manifieste ninguna reacción química, esos son los caracteres que debemos calificar como hiper-químicos. La adhesión, la viscosidad, la capilaridad, la estructura, la dureza, la opacidad, son caracteres del tipo que proponemos llamar hipo-químicos, porque sólo nacen después de haberse constituído la molécula química, por un aumento de complicación y de trabajo de construcción molecular, en el que se borran las distinciones netas mediante las que reconocíamos, sin lugar a dudas, los productos del trabajo químico.

142. Ciertos caracteres hipo-químicos pueden depender más que otros, de los caracteres químicos. Por ejemplo, el carbono que se nos ofrece bajo dos estados tan diferentes como son el diamante y el carbón producido por la combustión de materias orgánicas, goza en ambos estados de una gran «fijeza», es decir, que si bien no es absolutamente infusible y no volátil, por lo menos es muy difícil volatilizarlo y fundirlo, aun bajo la acción del calor más intenso; he ahí una cualidad más persistente y que, por lo tanto, se considerará más estrechamente ligada a la constitución química del carbono, que la transparencia o dureza del diamante, con las que contrastan de manera tan extraña la opacidad y friabilidad del carbón.

Los caracteres cristalográficos, especialmente, tienen un grado de precisión y de fijeza que debe hacerlos colocar en la línea de los caracteres químicos. Lo que se ha dado en llamar el «isomorfismo», no es más que la manifestación de la identidad de la fórmula química o de la analogía de constitución (si no de composición) química por la identidad o la analogía de las formas cristalinas. Los casos de «dimorfismo» (que por otra parte no son más que casos excepcionales), al mismo tiempo que prueban que la composición química es algo más esencial todavía que la forma cristalina, no impiden que subsista la unión inmediata y estrecha entre el tipo químico y el tipo cristalino, de tal manera que un mismo tipo químico no puede corresponder más que a un número muy limitado de tipos cristalinos perfectamente distintos, que no admiten ninguna transición entre uno y otro, lo que es atributo esencial de todos los caracteres químicos.

143. Es curioso que aquellas propiedades más especiales, más particulares en apariencia de los cuerpos, sean justamente las que nos han dado las nociones más generales, más esenciales sobre la manera de ser y el modo de acción de los agentes imponderables. La singular propiedad que tiene el espato de Islandia de duplicar las imágenes de los cuerpos que se miran a través de este cristal transparente, se ha convertido en la base de la teoría de la luz. Entre todos los minerales de hierro que existen en la corteza terrestre, hay una especie que goza de una propiedad particular: un trozo de este mineral, tallado en forma de barra, atrae la limadura de hierro, principalmente en sus dos extremos. Uno de estos extremos se dirige por sí mismo hacia uno de los polos del mundo y el otro hacia el otro polo, de donde el nombre de «polo» que se da también por analogía natural, a cada uno de los extremos de la barra. Los dos polos que toman direcciones contrarias tienen también otras propiedades contrarias; uno atrae lo que el otro rechaza. La energía atractiva o repulsiva, concentrada sobre todo en la vecindad de los polos, subsiste todavía pero debilitándose progresivamente, a medida que nos alejamos de las extremidades de la barra, para aproximarnos a la línea mediana en la que es nula, lo que nos da idea de un estado «neutro», que sirve de intermediario y de pasaje de un estado al estado contrario. Aquí tenemos varios hechos bien particulares, bien especiales desde el punto de vista del estudio de las propiedades de los cuerpos y de la historia de los mine-

rales y, sin embargo, serán germen de las teorías más generales. Los fenómenos que presentan los cuerpos electrizados se explican por la separación de dos principios propagados en todas partes, colocados en un perpetuo antagonismo, uno de los cuales atrae lo que el otro rechaza, y que tienden sin cesar a unirse, en razón misma del contraste de sus propiedades, y a ocultarse o neutralizarse mutuamente debido a su unión. La pila eléctrica de Volta manifiesta la presencia de polos lo mismo que la barra imantada; y pronto tendremos que admitir que sólo consideramos en la barra imantada, cuyas propiedades singulares han atraído tan exclusivamente la atención de los primeros curiosos, un modo particular de la polaridad eléctrica, cuyos elementos vuelven a encontrarse en todas partes, y cuya influencia se coloca entre las causas físicas más generales. La pila de Volta se convierte en el agente más universal y más poderoso de las descomposiciones químicas. Los dos elementos ponderables disociados son atraídos, uno hacia un polo de la pila, el otro hacia el otro polo y desde entonces se palpa la unión íntima entre el principio de la afinidad química y el principio de polaridad o de dualidad antagónica; se adivina por qué los elementos químicos que tienden a unirse con más energía son aquellos cuyas propiedades ofrecen un mayor antagonismo, y que el resultado de la unión sea neutralizar en el cuerpo compuesto las cualidades opuestas de los cuerpos componentes. Bien se siente que un principio cuyas aplicaciones son tan vastas, cuya simplicidad es tan seductora, no puede confundirse con un dato empírico vulgar y que debe depender íntimamente, como la ley de la gravitación universal o el principio de la conservación de la masa, de la suprema razón de los fenómenos que nos ofrece el mundo físico. Toda explicación que intentáramos dar de ellos resultaría sospechosa, por el solo hecho de ser complicada.

144. Volvemos a encontrar, en la física de los imponderables, el contraste, que tanto nos ha ocupado, entre las explicaciones cinemáticas y las explicaciones dinámicas. Desde que la teoría de las ondulaciones etéreas ha prevalecido definitivamente para la explicación de los fenómenos de la luz y del calor de irradiación, esta teoría ha sido aplicada diversamente por aquellos que eran, como Fresnel, más físicos que geómetras y por los que eran como Cauchy, mucho más geómetras que físicos. Si examinamos atentamente en qué difieren sus métodos, veremos que unos consideran directamente los movimientos ondulatorios y los resultados de la superposición de tales movimientos, sin preocuparse en relacionar la generación de esos movimientos con fuerzas hipotéticas que actuarían de átomo en átomo, mientras que los otros agotan los recursos del cálculo, para extraer de la

hipótesis de las fuerzas atómicas los datos fundamentales de la constitución y de la propagación de la onda etérea. Los unos hacen cinemática pura (ya que, en rigor, podríamos seguir todas las construcciones, todas las explicaciones que dan, sin poseer la idea de fuerza) y hasta ahora esta cinemática parece ser suficiente para todas las necesidades de la ciencia positiva; los otros hacen dinámica hipotética. Así, pues, despojando la hipótesis de sus elementos innecesarios, para retener solamente lo que hay de esencial en la construcción científica, podemos decir que esta parte tan vasta de la física de los imponderables descansa solamente en la idea de movimiento y en la teoría geométrica de los movimientos.

Por el contrario, cuando se trata de aplicar, como lo ha hecho Poisson, las leyes de Coulomb a atracciones y repulsiones eléctricas, al modo de distribución de la electricidad en la superficie de los cuerpos conductores, no se trata ya de movimientos que se superponen, sino que evidentemente se trata de fuerzas que se componen y se equilibran. Quítese la noción de fuerza, y el fenómeno ya no es inteligible, la teoría ya no tiene ningún sentido.

Ahora bien, ocurre con las explicaciones dinámicas que conciernen a la física de los imponderables, lo mismo que con las que conciernen a la física de los cuerpos ponderables. Unas se refieren a fenómenos cuya escala es sensible, otras a fenómenos que ocurren, o suponemos que ocurren, en una esfera infinitesimal, a la que los sentidos humanos no pueden llegar (135). Vemos dos cuerpos electrizados atraerse o rechazarse a distancias sensibles; vemos imanes, hilos conductores atravesados por una corriente voltaica influir unos sobre otros; pero para darnos cuenta de todas las particularidades que nos ofrece la constitución de los imanes y la de las corrientes voltaicas, es necesario imaginarse fuerzas, energías, acciones, que se concentran en esta esfera infinitesimal, cuya concepción nos ha sido sugerida ya por la necesidad de explicar una cantidad de particularidades de la constitución de los cuerpos ponderables.

145. Hemos explicado (124) cómo, en un sentido (sentido hipotético, es verdad) todas las ciencias físicas serían otras tantas dependencias de la mecánica, mientras que, en otro sentido, acomodado a lo que los hechos tienen de positivo y observable, la mecánica no es más que una rama de la física. Pero, al mismo tiempo, se reconoce para la mecánica caracteres tan particulares, que a menudo se opone la mecánica a la física, como cuando se distinguen los efectos mecánicos de las variaciones de temperatura, tales como la rotura de una caldera y la proyección de los residuos, y los efectos calificados como físicos, tales como la fusión de un cuerpo sólido o la evaporación de una masa

líquida. Hemos explicado igualmente en qué sentido se opone la física a la química, y los efectos físicos de las variaciones de temperatura tales como la fusión y la evaporación, a los efectos químicos consistentes en la formación o la resolución de ciertas combinaciones entre los elementos químicos de los cuerpos. Se distingue, asimismo, entre los efectos de la pila de Volta y los efectos mecánicos, tales como los movimientos producidos por las acciones atractivas o repulsivas de los hilos conductores de la corriente y los efectos físicos, como la elevación de la temperatura del hilo conductor y, por último, los efectos químicos, como el desprendimiento de oxígeno y la reducción de los metales alcalinos en las dos extremidades del hilo.

En el estudio de los órganos y funciones de un animal se distingue muy bien lo que se refiere a la producción de efectos mecánicos, lo que está construído sobre tipos de máquinas e instrumentos mecánicos, palancas, poleas, cuerdas, tubos, válvulas, etc., y lo que se refiere a la producción de los efectos físicos y, sobre todo, químicos, lo que está construído sobre tipos de aparatos físicos y químicos, tubos capilares, lentes refrigerantes y accesorios, trompetilla acústica, focos de calor, retortas y recipientes. Hay que tener particularmente en cuenta todas estas indicaciones suministradas por la Naturaleza misma, y que son como la piedra de toque y la contraprueba de nuestros sistemas científicos. No es porque el espíritu humano esté hecho de cierta manera que los geómetras e ingenieros han imaginado una ciencia a la que se da el nombre de mecánica en la que figuran, a título de órganos elementales, palancas, poleas, cuerdas, válvulas; porque sería muy extraño que, en esta hipótesis, la Naturaleza se hubiese sujetado a los mismos tipos al dibujar el plan de los seres vivientes, objeto de sus cuidados particulares; y, por otro lado, el hombre no ha esperado estar al corriente de la anatomía para formar sus instrumentos mecánicos sobre los modelos que la organización de los animales le presenta. El hombre se ha encontrado con la Naturaleza, porque este encuentro depende del fondo mismo y de la razón de las cosas. Podemos hacer la misma observación para la física porque, en general, no es como consecuencia de los progresos de la anatomía del ojo que nuestros instrumentos de óptica han sido concebidos y perfeccionados: es sólo más tarde que se reconoció en todos sus detalles, la analogía del plan orgánico y el de nuestros instrumentos. Así, pues, las divisiones fundamentales o distinciones de nuestra enciclopedia física, y hasta la elección de los principales aparatos creados por nuestra industria, se encuentran justificadas por la naturaleza misma, y no deben ser consideradas como arbitrarias o relativas solamente a la constitución del espíritu humano y al punto de vista en que se coloca el hombre.

Capítulo VII

De la mutua conversión de los efectos mecánicos, físicos y químicos. Generalización de la idea de fuerzas disponibles y del principio de la conservación de las fuerzas en las conversiones circulares.

146. Puesto que debemos distinguir entre los fenómenos y los efectos mecánicos, físicos, químicos, etc., es natural que deseemos examinar más a fondo cuál es, en realidad, la influencia que estos fenómenos referidos a diversas categorías, ejercen unos sobre otros, y ver si es posible concebir que esos efectos distintos sean aptos para convertirse unos en otros. Sin embargo, sólo empezamos a entrar en ese orden de búsquedas que deben conducir un día a los más interesantes resultados, tanto para la filosofía de la ciencia, como para las aplicaciones que reclaman los progresos siempre crecientes de la industria. Quien no sabe hoy que el uso principal de las materias combustibles, ya no es procurar directamente el calor que el hombre necesita para defenderse de las inclemencias del tiempo o para los preparados utilizados en las diversas artes, sino para proveer, indirectamente, la fuerza mecánica que le es ya indispensable para sus usinas y para la circulación de viajeros y mercancías por toda la superficie terrestre.

Y en esto otra vez, la industria del hombre no hace más que imitar la Naturaleza. En efecto, ¿qué agente, sino el calor, es el que regenera sin cesar la fuerza viva, que incesantemente la Naturaleza consume en gran escala, en la superficie de nuestro planeta, en el seno de los mares y de la atmósfera? Las capas de aire y de agua, dilatadas por un aumento de temperatura, se elevan, luego se enfrían y vuelven a caer, originando los vientos y las corrientes marinas. La capa de agua que está en contacto con la atmósfera, continuamente expuesta a convertirse en vapor por la acción del calor, se condensa en regiones elevadas, y forma las nubes, y al caer convertida en lluvia o copos helados alimenta los cursos de agua cuya caída había dado al hombre, hasta ahora, la provisión de trabajo mecánico

más abundante o más fácil de recoger y emplear. La semejanza no acaba aquí. Este calor, que en el taller de la Naturaleza ha engendrado en gran escala el trabajo mecánico de vientos y cursos de agua, se disipa por irradiación en los espacios celestes, y en lo que se refiere al efecto útil, se pierde sin retorno, lo mismo que el calor que sale de los hornos de nuestras máquinas a vapor. La única diferencia (y es esencial) consiste en que el combustible de nuestros hornos se agota, como se agotó en tiempos más remotos el exceso de calor central que aumentaba la actividad de los fenómenos meteorológicos, mientras que el calor proveniente del sol, y cuyo modo de generación es para nosotros todavía misterioso, parece inagotable, y de hecho, desde que efectuamos nuestras observaciones, no ha sufrido disminución apreciable.

Esas consideraciones merecen atraer la atención general, porque muchas veces hemos oído decir que los descubrimientos de la ciencia no tienen límites y que se encontrará la manera de reemplazar el vapor y el calor como fuentes de trabajo mecánico, cuando no tengamos más carbón. Esto puede ser verdad para el vapor de agua, porque cualquier otra sustancia gaseosa puede igualmente servir como intermediario, quizá con ventaja, para la conversión del calor en fuerza viva; pero respecto al calor, el problema es distinto. Verosímilmente, nada podemos concluir del hecho de una invención que sólo era, considerándola bien, una copia de los procedimientos de la Naturaleza, para afirmar la posibilidad de una invención de la que no nos ofrece ningún modelo. Es, por el contrario, verosímil y conforme a las analogías naturales, sostener que nunca dejaremos de usar calor para engendrar fuerza viva en gran escala. Lo que no es desatinado, es buscar la manera de producir calor y, en consecuencia, trabajo mecánico, de otro modo que por el procedimiento de la combustión ordinaria, ya que la Naturaleza nos ofrece el más magnífico ejemplo de un hogar que no necesita alimentarse con el combustible que consumimos en los nuestros.

147. El estado gasciforme de los medios ponderables es el que se presta más cómodamente para la generación de fuerza viva por consumo de calor, así como al desprendimiento de calor por consumo de fuerza viva, y en consecuencia, a la conversión recíproca de estas dos potencias naturales. Caliéntese un gas contenido en un cuerpo de bomba; la fuerza elástisca del gas aumentará y el pistón se levantará hasta que el gas, al dilatarse, haya recuperado su elasticidad inicial. Sin embargo, se habrá producido un trabajo mecánico, trabajo que podremos recoger y utilizar con la ayuda de aparatos convenientes. Análogamente, si comprimimos el gas, consumiendo fuerza mecánica para ello, se desprenderá calor. Así también en la transmisión y transformación de la fuerza viva por órganos mecánicos, los frotamientos, resistencias, trepidaciones del suelo y de todas las partes de los aparatos, ocasiona una merma en la fuerza viva recogida (merma inevitable, pero que se acentúa cada vez más, perfeccionando los mecanismos); lo mismo ocurre en la conversión de esas dos potencias o valores, calor y fuerza viva, usando como intermediarios medios gaseosos, en la que hay una merma debido a que las capas, cuya temperatura se eleva, absorben cierta cantidad de calor, y también debido a la irradiación externa, merma que se trata de atenuar cada vez más, mediante perfeccionamientos introducidos sucesivamente en la construcción de los aparatos y en la manera de hacerlos funcionar.

Cualquiera sea el estado molecular de los cuerpos, ofrecen alguna analogía con este fenómeno de la conversión del calor en fuerza viva y de la fuerza viva en calor, cuyo tipo más neto y que mejor se presta a las experiencias de medida, nos es dado por los cuerpos en estado gaseoso. Los frotamientos, los choques de los cuerpos duros absorben fuerza viva y al mismo tiempo desprenden calor. Dichos cuerpos absorben calor al dilatarse y su dilatación equivale a la producción de un trabajo mecánico. Hasta en los fenómenos de la vida animal se observa que la capacidad de trabajo mecánico que poseen los animales se encuentra en relación con una condición esencial de la vida animal: el mantenimiento continuo de un foco de combustión y de calor; tanto es así, que el animal de tiro es también, a su modo, una especie de máquina a vapor y cabe aquí compararse el trabajo mecánico producido y el combustible gastado. Llega a entreverse, aunque todavía no se ve con la nitidez que es de desear, un vínculo que une ciertamente todos estos fenómenos, y tratando de captarlo es como podrá penetrarse más, en el conocimiento íntimo de la naturaleza de los cuerpos, así como de las fuerzas que atribuímos a agentes imponderables, todas las cuales, en ciertos aspectos, parecen capaces de convertirse unas en otras (*).

148. Así, además de la propiedad de producir calor, el frotamiento posee la de producir electricidad cuando los cuerpos frotados son heterogéneos. Recíprocamente, la electricidad pone los cuerpos en movimiento, y en su origen fué observada sola-

(*) Véase el libro titulado «Correlación de las fuerzas físicas», de W. R. Grove, traducido del inglés al francés y anotado por Seguin (p), París, 1856; y otra obra no menos notable cuyo título es «Investigaciones sobre el equivalente mecánico del calor», por G. A. Hirn; Colmar y París, 1858. Encontraríamos en estas dos obras muchas ideas dignas de elogio y también muchas que atacaríamos, si la naturaleza de nuestro libro nos permitiera entrar en consideraciones semejantes.

mente como una fuerza mecánica o una causa de movimiento. Hoy sabemos que las corrientes electromagnéticas pueden, como el consumo de calor, engendrar trabajo mecánico; de manera que el descubrimiento que nos dió el telégrafo eléctrico, ese extraño medio de agitar una campanilla y hacer funcionar las agujas indicadoras a distancias enormes con la velocidad de un rayo, nos daría también un nuevo motor industrial, si las pilas voltaicas que ponen en juego las corrientes y que no trabajan sin consumir ciertos elementos, pudiesen funcionar en las condiciones económicas convenientes.

Por otra parte, al calentar barras metálicas heterogéneas en sus puntos de soldadura, el calor engendra corrientes eléctricas y recíprocamente, la corriente eléctrica que atraviesa con la intensidad suficiente un hilo de grosor adecuado, lo lleva a la incandescencia. El calor engendra, pues, directamente electricidad y la electricidad, calor; de manera que se puede indirectamente o de segunda mano, convertir la fuerza mecánica en electricidad y ésta en fuerza mecánica por intermedio del calor. Otro tanto podemos decir de la conversión de fuerza mecánica en calor y de éste en fuerza mecánica, por intermedio de la electricidad.

Nadie ignora que la electricidad, el calor y aún la luz, determinan combinaciones o disociaciones químicas y que, inversamente, las fuerzas químicas no entran en juego sin provocar desprendimientos o absorciones de calor, de corrientes eléctricas. Esas acciones químicas, aun cuando operan en una esfera inaccesible a nuestros sentidos, y cuando no tienen por síntoma ningún efecto mecánico observable, pueden entonces, por intermedio del calor o de la electricidad, producir fuerza mecánica o resultar de un despliegue originario de fuerza mecánica. Pero, además, la acción mecánica determina inmediatamente ciertas asociaciones químicas o destruye otras, las menos estables. En cuanto a los efectos mecánicos, muy a menudo temibles, producidos de manera inmediata por el juego de las acciones químicas, son lo suficientemente conocidos para que no tengamos necesidad de señalarlos.

149. Estos son hechos que pueden y deben abrir nuevos horizontes, como hemos dicho, ya sea a la filosofía natural, ya a la teoría de las aplicaciones industriales de la ciencia, y se han dado ya, junto a generalizaciones seguras pero atrevidas, inducciones temerarias o mal fundadas. Así se han tenido en cuenta estas consideraciones nuevas para retomar una idea varias veces aceptada y luego desechada: la de la indestructibilidad de la fuerza o del movimiento; entremos, a este respecto, en algunas explicaciones.

La materia o la masa de los cuerpos debe ser considerada indestructible e invariable: en otra parte hemos recordado y explicado este gran axioma de la física (101 y sig.) Además, nuestras teorías químicas «actuales» descansan sobre la idea de que los elementos químicos se distinguen por algunos caracteres igualmente indestructibles y que así el hierro será siempre hierro y la plata siempre plata (137). Sin embargo, una barra de hierro, una cuchara de plata, se usan por frotamiento, de manera que tanto para nosotros como para nuestros sucesores, será imposible, en todo tiempo, recoger y utilizar las imperceptibles partículas de metal que el mismo uso del instrumento que empleamos habrá diseminado por todas partes. La materia más estable se consume, pues, sin compensación, y perece para nosotros, en lo que se refiere a su efecto útil, aunque teóricamente deba ser considerada indestructible.

¿Ocurre lo mismo con la fuerza mecánica? En todos los tiempos se han encontrado filósofos dispuestos a creerlo así, a pesar de las apariencias contrarias. Cuando un cuerpo sólido choca en su movimiento contra un obstáculo, parecería que la fuerza mecánica que residía en ese cuerpo en movimiento se agotara por el choque. Sin embargo, durante algunos instantes, seguimos observando trepidaciones muy marcadas, tanto en el cuerpo como en el obstáculo contra el que se ha golpeado y en el medio que los rodea. ¿Por qué no admitir que esas trepidaciones se propagan indefinidamente, debilitándose por esta misma comunicación, hasta ser imperceptibles, y que persisten indefinidamente entre las últimas moléculas de los cuerpos cuyos movimientos escapan así absolutamente a nuestros sentidos? Esto es lo que decíamos, y ahora agregamos que el poder destruído en cuanto fuerza mecánica debe reaparecer bajo otra forma: que, por ejemplo, el choque ha desarrollado cierto calor que podría, a su vez, convertirse en fuerza mecánica, y que virtualmente representa una determinada cantidad de fuerza mecánica; que las cosas deben ciertamente ocurrir de manera que tengamos, bajo una forma y otra, precisamente el equivalente virtual de la fuerza mecánica que parecía perdida; y que hay que decir otro tanto de todas las mermas que, en apariencia, sufren las fuerzas naturales, cualquiera sea su especie.

150. Por la misma razón, habría que decir que las dosis de fuerza o poder activo de la Naturaleza, no pueden jamás ser aumentadas; y, sin embargo, ni esta afirmación, ni la anterior, resisten un análisis atento. Imaginemos que se deposita un cartucho de pólvora en la grieta de una roca; obtenemos una chispa de un guijarro, con un eslabón de acero y esta chispa, es decir, esa parcela de acero llevada a estado incandescente por

el calor desarrollado por el choque del acero contra el guijarro, inflama el cartucho y desarrolla, por acciones químicas, una enorme fuerza mecánica. ¿Podemos acaso suponer una equivalencia entre la fuerza mecánica que produjo la chispa, el calor que residía en la chispa, o aun, la fuerza mecánica consumida en la preparación de la pólvora y la fuerza mecánica producida en último término? Es preciso, pues, que una nueva dosis de fuerza mecánica haya sido agregada a la dosis preexistente y si el curso del fenómeno puede acusar un aumento en esta dosis, también puede producir una disminución. ¿Diremos acaso que cuando el carbón, el azufre y el nitro han sido preparados por la Naturaleza o artificialmente, en la forma necesaria para que el fabricante de pólvora los emplee, se produjeron acciones químicas cuyo consumo representa la fuerza mecánica que la inflamación de la pólvora desarrollará más tarde? Esta suposición, en el estado actual de la ciencia, sería, por cierto, muy arbitraria; pero, por otra parte, podría replicarse que hubiesen bastado algunas gotas de lluvia para estropear la pólvora y hacer imposible la reaparición de la fuerza que contenía, en estado latente si se quiere, como consecuencia de un depósito anterior. Ahora bien, ¿qué es esa acción mecánica, física o química ejercida por esas gotas de agua sobre la pólvora, para que podamos considerarla como el equivalente de la fuerza mecánica que la explosión hubiese desarrollado? Vemos que es preciso reconocer que el hecho de que una fuerza mecánica se desarrolle o no, depende de un concurso de accidentes fortuitos, sin que nada compense la ausencia de ese desarrollo.

151. Por otro lado, la razón no puede rehusarse a admitir que nada se obtiene de nada «ex nihilo nihil», y que ni la fuerza mecánica, ni ninguna otra cosa puede ser producida totalmente, sin que haya consumo de algunas de las fuerzas disponibles, mecánicas u otras, que la Naturaleza tenía en reserva. Cuando hayamos consumido todo el carbón, todo el azufre, todo el nitrato de potasio que podamos recoger, habrá que renunciar hacer estallar las canteras por medio de pólvora. Cuando se haya quemado toda la hulla, habrá que renunciar a mover los trenes con ayuda del calor que procura este combustible. El carbón, la hulla, el azufre, se encontrarán convertidos en gas carbónico y sulfuroso, y bajo esta forma no serán ya por sí mismos, fuentes de calor o de trabajo mecánico. Si algún día la Naturaleza encontrara la manera de regenerar con esas sustancias gaseosas, a zufre sólido, carbón, hulla, lo haría empleando otras de las fuerzas de que dispone, y este trabajo ulterior no dependería del despliegue pasajero de fuerza mecánica realizado posteriormente por nuestra industria con las mismas sustancias.

Depende de nuestra industria que se consuma o no, lo que la Naturaleza mantiene en reserva, y que se haga de ello un consumo productivo bajo la forma de fuerza mecánica u otro equivalente, o, por el contrario, que se realice un consumo improductivo de fuerza, bajo una forma cualquiera. Lo que ciertamente excede nuestras posibilidades, y el de todo agente natural que no posea el poder sobrenatural de la creación, es crear totalmente una fuerza sin consumir ni gastar nada, porque entonces se podría crear fuerzas indefinidamente. La Naturaleza pondría a la disposición de un agente cualquiera, una fuerza infinita, cosa que no podemos comprender, como tampoco podemos comprender una velocidad infinita (23 y 119, nota).

152. De allí ese principio que propondríamos llamar «principio de las conversiones circulares» y que consiste en que cuando el trabajo de la Naturaleza, dirigido o no por el trabajo del hombre, ha cumplido el círculo de las transformaciones de manera que vuelve al punto de partida, es imposible que la cantidad inicial de fuerza viva, ya sea calor o cualquiera de las fuerzas naturales disponibles y convertibles unas en otras, se encuentre aumentada; las transformaciones posteriores habrán destruído o absorbido todo lo que las transformaciones anteriores habían creado o desarrollado, en virtud de la máxima «ex nihilo nihil», a fin de hacer imposible toda formación total, toda producción indefinida de una fuerza natural cualquiera, utilizando cuerpos, aparatos o medios inertes por sí mismos y que sólo intervendrían como simples órganos de transmisión y de conversión. Hemos señalado en otra parte (85, 96 y sig.) cómo este principio, aplicado a los órganos puramente mecánicos de la transmisión y de la transformación de la fuerza viva o del trabajo, da una base racional a la ciencia del equilibrio y del movimiento; se entrevé aquí, cómo el mismo principio, extendido y generalizado de manera que pueda aplicarse a las transformaciones incesantes de los fenómenos moleculares y químicos, a todos los cambios entre los efectos producidos por las diversas fuerzas naturales, puede dar a ciertas partes de las ciencias físicas, un fundamento racional, uniéndolas inmediatamente a la mecánica y por la mecánica a la geometría. Los axiomas y postulados de este tipo tienen el inconveniente de no captar directamente las causas eficientes que operan en cada orden de fenómenos, pero también poseen la ventaja de estar libres de todas las hipótesis a las que debemos recurrir, forzosamente, para representarnos lo que escapará siempre a nuestras observaciones. Llegamos así al «por qué» de las cosas más que al «cómo».

No será inútil poner un ejemplo a fin de fijar mejor las ideas.

Sabemos que un kilogramo de agua exige, para evaporarse, determinada cantidad de calor, que restituye al licuarse otra vez; lo mismo ocurre con un kilogramo de alcohol, con la diferencia de que la cantidad de calor absorbida y restituída es distinta. Sería también diferente para un kilogramo de agua y alcohol, mezclados en proporciones iguales. Supongamos que esta tercera cantidad sea una media aritmética entre las dos primeras y veamos las consecuencias de esta hipótesis. Sabemos que la mezcla de 500 gramos de agua y 500 gramos de alcohol, da lugar a un desprendimiento de calor, e imaginemos que se haya recogido y apartado el calor desprendido. Si abandonamos la mezcla después de este desprendimiento, se evaporará, utilizando para ello cierto calor que deberá (por hipótesis) restituir íntegramente cuando se condensen los vapores producidos, lo que podrá hacerse de modo que se «rectifique» el alcohol impuro o bien recogiendo en recipientes diferentes el alcohol y el agua. Pero entonces, después de la rectificación, se podría volver a comenzar la operación de la mezcla, a fin de producir, por esta misma mezcla, una nueva cantidad de calor y mediante una repetición indefinida de la misma serie circular de operaciones, crear calor en cantidad indefinida. Así pues, en virtud del axioma invocado, los 1000 gramos mezclados para convertirse en vapor exigirán precisamente, además de la cantidad de calor que sería necesaria en caso de no haber mezcla (calor que restituyen cuando la condensación disocia el agua y el alcohol), la cantidad de calor desprendida por la operación de la mezcla. No creo que esta experiencia haya sido hecha jamás, ni aún que se haya pensado en hacerla; pero se trata aquí del sentido y del alcance del principio. La obra de Grove, citada en el párrafo Nº 147, sugeriría múltiples consecuencias del mismo tipo, que podrían deducirse del principio de las conversiones circulares.

153. Tanto en la dinámica superior, de cuyos principios nos ocupamos actualmente, como en la dinámica común, el consumo de fuerza viva o de fuerza disponible puede, según los casos, acompañarse o no de una destrucción de fuerza muerta. El reloj de un campanario es movido por un peso, y cuando el peso llega al final de su recorrido, en el área de la caja que contiene el reloj, el movimiento se detiene: la fuerza viva de la que se disponía se ha agotado y hay que dar cuerda al reloj. Sin embargo, el peso que ha llegado al final de su recorrido, es un cuerpo que se encuentra solicitado por la gravedad; puede continuar actuando indefinidamente por presión y como una fuerza muerta sobre la parte inferior de la caja, y así, si se abre una corredera de modo que el peso pueda seguir descendiendo, el reloj volverá a ponerse en movimiento. Por el contrario, cuando un resorte se ha aflojado y agotado su fuerza viva, ya no actúa ni siquiera como fuerza muerta.

La misma observación puede aplicarse al poder mecánico del calor y a todas las fuerzas físicas que consideramos actualmente. En las máquinas a vapor constituídas para actuar por «presión constante» o «sin escape» del vapor producido, todo el calor proveniente del horno y que ha sido empleado para vaporizar cierta cantidad de agua, para empujar un émbolo a una altura determinada y producir así cierta cantidad de trabajo mecánico, vuelve a encontrarse después en la mezcla de agua fría del «condensador» y del vapor condensado. En este sentido, es verdad decir que el trabajo mecánico del calor resulta no de un consumo de calor, sino del «flujo» del calor de un medio a otro. Sin embargo, el calor producido por la combustión de la hulla ha sido tan verdaderamente consumido como la hulla misma, ya que sería inútil que tratáramos, sin utilizar una nueva cantidad de hulla, de producir, con el calor transportado en el condensador, la evaporación de una nueva cantidad de agua, de donde resultaría un segundo golpe de pistón y la producción de una nueva cantidad de trabajo mecánico, igual a la cantidad producida en primer lugar. Sería preciso, para que tuviera lugar tal prolongación de trabajo, emplear ahora, en vez de agua, un líquido llevado a una temperatura muy baja, y capaz de desprender vapores dotados de la fuerza elástica suficiente, aún a esta temperatura que sería tan baja que en comparación, la masa de agua del condensador actuaría sobre este líquido como un verdadero foco de calor, por la intensidad de su irradiación calórica. Entonces continuaría el trabajo mecánico producido por el flujo de calor, o por su tendencia a ir del medio en el que la temperatura es más elevada a aquel en que es más baja, lo mismo que continúa el trabajo mecánico producido por la acción permanente de la gravedad, cuando se quita el obstáculo que detiene el peso al final de su carrera y que se le permite pasar de la región inferior a la que había llegado, a una todavía más baja. Por el contrario, así como no basta desplazar un obstáculo, y que es absolutamente imprescindible un consumo de fuerza viva para volver a dar cuerda al resorte que se ha aflojado y recomenzar la acción de la expansión, análogamente, después que la repentina explosión de los gases desprendidos por la inflamación de la pólvora haya producido su acción mecánica, solamente podrá reproducirse un esfuerzo semejante, utilizando esas mismas masas gaseosas, a condición de comprimirlas y de gastar así, la misma cantidad de trabajo mecánico que el que producirá la expansión ulterior.

154. Tales son, en nuestra opinión, las consideraciones con

cuya ayuda deberán compararse y conciliarse las teorías, de fecha todavía reciente, que ya preocupaban a los físicos de nuestra época y que tienen por objeto la conversión de las fuerzas físicas unas en otras. En la segunda de las dos obras citadas en la nota Nº 147, Hirn se ocupó particularmente de comparar entre sí, desde diversos puntos de vista científicos y filosóficos, las dos teorías en las que creyó ver los contrastes más netos, la de Carnot (*) y la de un físico alemán, el doctor Meyer. Según Carnot, la producción del trabajo mecánico o de fuerza viva, depende esencialmente no del consumo de calor, sino del flujo del calor de un medio en el que la temperatura es más elevada, a un medio en el que la temperatura es más baja; en la teoría de Meyer, no puede haber producción de fuerza viva sin consumo de calor, y recíprocamente a un consumo de fuerza viva corresponde una producción real de calor.

Si confrontáramos ambas teorías en su aplicación detallada a la interpretación de diversos fenómenos mecánicos y físicos, haríamos un libro de física y no uno de filosofía; llegaríamos probablemente a concluir con Hirn, que hay ciertos hechos, los más importantes desde el punto de vista de la aplicación, que son explicados por Carnot de una manera más simple, y otros para cuya explicación no podemos excluir la idea de Meyer, pero creo que siguiendo a los físicos en tales detalles, no solamente nos alejaríamos de nuestros propósitos sino que, además, iríamos contra el verdadero pensamiento de Carnot.

En efecto, Carnot se colocó no tanto desde el punto de vista del físico, sino desde el punto de vista del economista y del ingeniero; y conviene mantener la cuestión en este terreno, que parece ser el de una práctica más estrecha y que es, en realidad, el de una teoría más amplia y más elevada.

¿Qué importa para el economista o el ingeniero, que el calor de A haya sido transportado a B, o que haya habido destrucción de calor en A y luego producción de calor en B? Lo que le interesa es que hubo, para la producción de cierto efecto mecánico, un consumo de combustible, un gasto de fuerza, de un poder puesto por la Naturaleza a disposición del hombre. Este hecho y otros similares vienen en ayuda de la idea que Leibnitz había tenido de una dinámica superior, cuyas leyes dominan las de la mecánica propiamente dicha, y elevándose hasta este punto de vista, la razón capta en efecto la generalidad del principio; nada podemos hacer con nada, ni producir algo sin consumir

(*) No se trata del general republicano, todavía más conocido por los actos de su vida política que por sus estudios especulativos en geometría y mecánica, sino de uno de los hijos de este hombre célebre, muerto joven después de haber editado en 1824 un opúsculo titulado «Reflexiones sobre el poder motor del fuego», punto de partida de las investigaciones del presente capítulo.

algo. Capta al mismo tiempo la idea de que la Naturaleza nos ha dado virtualmente o en «equivalente» todo lo que podemos producir consumiendo las cosas puestas inmediatamente por ella a nuestra disposición. Tal es el pensamiento fundamental de la obra de Carnot, en lo que tiene de filosófica.

Luego, descendiendo otra vez a las aplicaciones usuales y prácticas y ocupándose sobre todo del juego de la máquina a vapor, observa que el consumo de carbón, el gasto de fuerza natural al que corresponde en este caso una producción de fuerza viva, parece no tener otra consecuencia física que la de hacer pasar el calor desarrollado en el horno de combustión al agua del condensador. Pero esto no es más que una observación accesoria y particular, que puede ser modificada o corregida sin tocarse a lo que es esencial a la teoría. Que el caso considerado por Carnot no sea más que un ejemplo, al que podemos oponer ejemplos contrarios, es lo que podríamos haber afirmado previamente, considerando que el flujo del calor o la caída de la temperatura tienen la mayor analogía con la caída de un peso y que, sin embargo, junto al consumo de fuerza viva producida por la caída de un peso que puede caer todavía más bajo con sólo apartar un obstáculo, existe un consumo de fuerza viva producida por la expansión de un resorte, que no puede ponerse en estado de funcionar nuevamente, sin consumir para ello toda la fuerza viva que restituiría en una segunda expansión.

155. Podemos hacer las mismas observaciones en lo que concierne la determinación numérica de lo que se ha llamado el «equivalente mecánico del calor». Se puede operar, de muchos modos diferentes, la conversión del calor en fuerza viva, y de la fuerza viva en calor; y mientras no poseamos las nociones precisas sobre la naturaleza del principio del calor, no será inverosímil admitir que las cifras de equivalencia difieren según el modo de conversión empleado. La única restricción teórica para la independencia de estas cifras, es que no se vaya contra el principio de las conversiones circulares o contra el axioma «ex nihilo nihil». Se gastan mil kilogramos de carbón para producir, con la ayuda de una máquina a vapor, cierta cantidad de trabajo mecánico que se emplea para hacer frotar dos cuerpos uno contra otro; sin deformarlos ni usarlos y producir así cierta cantidad de calor; esta cantidad de calor producida por frotamiento no puede sobrepasar la que se desprende por la combustión de mil kilogramos de carbón, cuando ya no interviene (como en el caso de la explosión de la pólvora) otros consumos de materia o fuerza. Pero puede ser notablemente más pequeña cuando se ha apartado con el mayor cuidado todas las influencias perturbadoras, todas las causas accesorias de la merma. Para determinar

a priori la relación de una con otra, sería preciso tener nociones teóricas que estamos lejos de poseer, sobre la constitución molecular de los cuerpos, la naturaleza de las causas que determinan el fenómeno de la evaporación de los líquidos y el del frotamiento de los cuerpos sólidos. Y lo que decimos sobre la comparación, la equivalencia entre la fuerza viva y el calor, deberá decirse a propósito de la comparación, la equivalencia entre la fuerza viva y la electricidad, entre la electricidad y el calor, y así sucesivamente.

Capítulo VIII

Del valor de las hipótesis en uso en la física corpuscular y en la física de los imponderables.

156. Hemos tenido ya varias oportunidades de aludir a las hipótesis mediante las que tratamos de explicarnos los fenómenos de la física corpuscular, las reacciones químicas y todos aquellos fenómenos que se cumplen en la esfera infinitesimal en la que nuestros sentidos no pueden penetrar (135); ha llegado el momento de ahondar un poco en el examen de esas hipótesis, y de apreciar filosóficamente su sentido y valor.

Demócrito, y después de él Epicuro, fueron en la antigüedad griega los fundadores de la filosofía atomista. Demócrito era hombre de ciencia, se dice; no se ocupaba solamente de física general y cosmogonía a la manera de los filósofos jónicos, sino que también hacía trabajos de disección; pero, en cambio, la ignorancia de Epicuro y sus discípulos había llegado a ser proverbial en el mundo de los filósofos. Los de otras escuelas no cesaban de burlarse de los errores groseros en que Epicuro incurría en astronomía, por no poseer las primeras nociones matemáticas. Así, no es de extrañar que la física de Lucrecio nos parezca hoy despreciable en muchos puntos. Sin embargo, la idea fundamental de la doctrina de Demócrito, Epicuro y Lucrecio, que consiste en explicarlo todo, en los fenómenos del mundo material, mediante combinaciones pasajeras de átomos indestructibles e inalterables, es todavía la idea que reina en la física moderna, y bajo cuyo imperio la ciencia va organizándose y desarrollándose. Ninguna de las concepciones transmitidas por la antigüedad tuvo fortuna tan grande, ni siquiera semejante. Es preciso que los inventores de la doctrina atómica hayan dado desde el principio en la clave misma de los fenómenos naturales, o con determinada concepción que es inevitablemente sugerida al espíritu humano por su constitución, al realizar esfuerzos para captar la clave de los fenómenos naturales.

157. En primer lugar, las experiencias u observaciones que

se recuerdan en todos los tratados de física, nos demuestran que las partículas de materia ponderable pueden llevarse a un estado de división y tenuidad tal, que confunde la imaginación casi tanto como la enormidad de las distancias astronómicas (135); con mayor razón puede atribuirse a los átomos, si es que hay átomos, el grado de pequeñez que parezca necesario para la hipótesis, y esto es ya una gran comodidad para la construcción de los sistemas atómicos.

La observación y la experiencia establecen también que los cuerpos que presentan en mayor grado la apariencia de una masa sólida y continua, están en realidad llenos de poros o intersticios que, en ciertos casos, dan paso a otras materias ponderables, y sin los cuales no podríamos concebir la propagación de los fenómenos de luz, calor, electricidad en el interior de los cuerpos (103). Así, pues, cuando la filosofía newtoniana hizo prevalecer definitivamente la idea de acción a distancia para la explicación de los mayores fenómenos del mundo físico (127), el espíritu se encontraba ya preparado para concebir los cuerpos que están al alcance de nuestros sentidos, como formados por sistemas de partículas o átomos mantenidos a distancia unos de otros, por el equilibrio que se establece entre fuerzas de sentidos contrarios, de atracción o repulsión y que oscilan alrededor de su posición de equilibrio, cuando el equilibrio se altera. Los átomos ganchudos de Epicuro, la materia acanalada de Descartes, todas esas ficciones acomodadas a la hipótesis del contacto y del engranaje de los átomos, han desaparecido de la física moderna; pero la concepción fundamental del atomismo ha permanecido, tan natural es su enlace con todos los hábitos de nuestro espíritu.

158. La construcción misma de la palabra «átomo» indica que los antiguos atomistas lo consideraban como un cuerpo en miniatura que no puede, de ningún modo, cortarse o desgastarse y que ofrece el tipo de la rigidez perfecta. Pero el corpúsculo permanecerá igualmente indivisible y no podrá ser seccionado, ya porque el cuchillo en contacto con el corpúsculo no tenga ninguna acción sobre él, a causa de su rigidez absoluta como creían los antiguos, o bien porque el cuchillo no puede ser puesto en contacto con el átomo, como lo admiten los modernos. Así, en la hipótesis a la que han llegado los modernos físicos, la de los átomos mantenidos a distancia unos de otros, y aun a distancias que (a pesar de no ser apreciables por ninguna clase de experiencia) son, sin embargo, muy grandes en comparación con las dimensiones de los átomos o corpúsculos elementales, nada obliga a concebir esos átomos como pequeños cuerpos duros o sólidos, más que como masas pequeñas, blandas,

flexibles o líquidas. La preferencia que damos a la dureza sobre la blandura, la tendencia que tenemos a imaginar el átomo o molécula primordial como una miniatura de cuerpo sólido, más que como una masa flúida del mismo orden de pequeñez, no son más que prejuicios de educación que dependen de nuestros hábitos y de las condiciones de nuestra vida animal. En consecuencia, nada menos fundado que la vieja creencia, tan enraizada entre los antiguos escolásticos y perpetuada hasta en la enseñanza moderna, que hace de la «impenetrabilidad» agregada a la «extensión», el carácter esencial, la propiedad fundamental de la materia y de los cuerpos. Es claro que átomos que no podrían jamás ponerse en contacto, menos todavía podrían penetrarse; de manera que la pretendida cualidad fundamental sería, por el contrario, una cualidad casi inútil, inoperante, que no podría jamás entrar en acción, que nunca intervendría en la explicación de fenómeno alguno, y cuya existencia afirmaríamos gratuitamente. Otro tanto debemos decir de la extensión en cuanto atributo o cualidad de los átomos, ya que en último análisis y en el estado presente de la ciencia, todas las explicaciones que hayamos podido dar de los fenómenos físico-químicos, permanecerían perfectamente independientes de las hipótesis formuladas sobre las figuras y dimensiones de los átomos o moléculas elementales. En cuanto a los cuerpos de dimensiones finitas al alcance de nuestros sentidos, son todos por cierto, penetrables: y la continuidad de las formas de la extensión, en lo que los concierne, no es más que una ilusión (*).

159. En los cuerpos perceptibles, la solidez y la rigidez, como la flexibilidad, la blandura o la fluidez, son otros tantos fenómenos muy complejos que tratamos de explicar de la mejor manera posible, con la ayuda de hipótesis sobre la ley de las fuerzas que mantienen las moléculas elementales a distancia, y sobre la extensión de su esfera de actividad, comparada con el número de moléculas comprendidas en esta esfera y con las distancias que las separan. Ahora bien, mientras que la noción familiar de los cuerpos en estado sólido, es lo que nos ha sugerido la concepción del corpúsculo rígido o del átomo elemental como principio de explicación filosófica o científica, lo más difícil de explicar de manera satisfactoria, por medio de una concepción atómica, es precisamente la constitución de los cuerpos en estado sólido. ¿Cómo conciliar con la ley de continuidad que debe, según nuestra concepción, regir las acciones a distancia entre los átomos, tanto las de atracción como las de repulsión, con la brusca terminación de los cuerpos sólidos? Parecería que

(*) «Essai...», cap. VIII, Nos. 115 y 116.

en la superficie de los cuerpos sólidos como en la de los líquidos, debería encontrarse una capa que formara una especie de atmósfera, en la que el estado molecular presentara una constitución intermediaria, de la que los fenómenos sensibles no nos dan ninguna idea neta; y ninguna experiencia además, indica la presencia de semejante capa, por lo menos para los sólidos. En general, los numerosos ensayos de los geómetras para explicar por las leyes matemáticas del equilibrio entre moléculas a distancia, los diversos estados de los cuerpos tales como se los observa, no ofrecen los caracteres de una explicación determinada y verdaderamente científica, deducida de principios simples, que pueda servir no solamente para representar los hechos conocidos para los cuales ha sido construída la hipótesis, sino que conduzca además a consecuencias nuevas que son confirmadas luego por la observación o la experiencia (65); en una palabra, que reuna los caracteres de una explicación tal, como la que Newton ha dado de los fenómenos astronómicos. Mientras un cálculo no haga más que devolver lo que hemos extraído de la observación, para introducirlo en los elementos del cálculo, en verdad no agrega nada a los datos de la observación. No estaremos seguros de haber calculado la verdadera órbita de un cometa, mientras la órbita calculada no sirva más que para reunir precisamente las posiciones en las que el cometa ha sido observado, y de las que se partió para calcular dicha órbita; la confirmación del cálculo será dada cuando la órbita calculada sirva, además, para reunir posiciones que sólo serán observadas más tarde, y después que la órbita haya sido calculada según las posiciones anteriormente observadas.

160. Cuando los geómetras explican a su manera la constitución física de los cuerpos, en general hacen abstracción de su constitución química; suponen millares de moléculas en una esfera infinitesimal, a fin de compensar en los términos medios, por la enormidad de la cantidad, todas las irregularidades de distribución y poder substituir, sin error sensible, la discontinuidad real por una continuidad ideal. Pero, en el orden de los fenómenos químicos, esta continuidad ideal no es admisible y las agrupaciones se operan por números muy pequeños, con una rigidez rigurosa (139). La misma explicación matemática no puede, pues, servir a la vez para los fenómenos químicos y para los fenómenos físicos o hipoquímicos, como habíamos propuesto llamarlos. Por otra parte, sin embargo, los fenómenos de isomorfismo, de dimorfismo y otros, nos muestran que las condiciones del estado sólido en los cuerpos cristalizados, dependen íntimamente de la constitución química; lo que hace todavía más sospechosas las explicaciones con las que se pretendía dar cuenta

de las particularidades de la estructura física, sin abarcar en la explicación los caracteres químicos que las determinan (142).

161. Por otra parte, es evidente que si, en rigor, podemos hacer caso omiso de una teoría especial sobre los agentes imponderables en la explicación de ciertos fenómenos de física molecular, (fenómenos de capilaridad, por ejemplo) es imposible separar en nuestras tentativas de explicación, la teoría de la constitución química de los cuerpos y la teoría de los imponderables. La imperfección de nuestros conocimientos actuales, con respecto a los imponderables, esa «materia sutil» de la cual los filósofos de todos los tiempos han tenido una noción tan confusa, es mucho más sensible todavía que respecto a la constitución de los cuerpos ponderables. Las hipótesis mecánicas, utilizadas por los geómetras, sólo dan, en lo se refiere a los imponderables, explicaciones parciales fragmentarias, acomodadas (lo que ya es mucho) a un orden determinado de fenómenos, dejando a un lado otras series de fenómenos que, sin embargo, deben relacionarse con los otros por un principio común. Admitamos que Cauchy haya formulado una hipótesis sobre la constitución mecánica del éter, de la que podemos extraer, mediante sus sabios cálculos, todo lo que la observación ha hecho y hará descubrir sobre las propiedades de las ondas luminosas, y confrontemos este hermoso trabajo con el de Poisson, sobre la distribución de la electricidad en la superficie de los cuerpos conductores y los de Courier sobre la propagación del calor en los cuerpos sólidos; tendremos todavía que mostrar qué lazos podrían reunir entre sí, teorías que, hasta ahora, parecían independientes unas de otras y fundadas sobre principios tan dispares. Por una parte, en efecto, la razón no quiere admitir que la Naturaleza haya multiplicado los agentes imponderables, impalpables, incoercibles (es decir, después de todo, agentes misteriosos), tanto como lo desearíamos para comodidad de nuestras explicaciones parciales y fragmentarias; por otra parte, como lo hemos visto en el capítulo precedente, los progresos de las ciencias experimentales nos prueban que, efectivamente, esos agentes influyen sin cesar unos sobre otros, se engendran unos a otros, o se transforman unos en otros, de manera que tenemos que considerar solamente como un andamiaje provisional y empírico todo lo que no nos lleve hacia el principio de las generaciones y de las transformaciones observadas.

162. A medida que se ahonda en las explicaciones, la imaginación se pierde cada vez más, sin que la razón abstracta encuentre nada mejor, en cambio. Después que se haya agotado, por así decirlo, la infinita pequeñez, para constituir los áto-

mos de la materia ponderable, será preciso bañarlos en flúidos imponderables, que deben constituirse con átomos, en comparación con los cuales los de la materia ponderable parecerán gigantescos. Y como la materia imponderable (suponiendo que sea materia) nada ofrece que recuerde el fenómeno de la solidez y de la determinación de las formas, como no constituye o no parece constituir nada más que «medios» y no «cuerpos», se concluye que nada puede sugerir la idea de atribuir una forma cualquiera a los átomos imponderables. Las pirámides ígneas de Pitágoras y de Platón han pasado de moda, y no volverán a aparecer. En la física-matemática de los modernos, los átomos imponderables no figuran nunca sino como puntos matemáticos, ya en equilibrio, ya fluyentes u oscilantes, y sólo parece retener, entre todos los caracteres que atribuímos a la materia, la movilidad. Todo indica, en efecto, un profundo contraste entre las propiedades de la materia ponderable y la de los principios imponderables. No solamente estos últimos escapan a la balanza, como indica su nombre, sino que parece que no participan en la inercia de la materia, porque no ofrecen ninguna resistencia apreciable al movimiento de los cuerpos ponderables (*) y que su acumulación o dispersión no da lugar a ningún aumento notable ni a ninguna merma en la masa. Mientras que la masa de un cuerpo ponderable es algo esencialmente definido y limitado, y al mismo tiempo algo absolutamente indestructible, parece que podemos extraer electricidad de un cuerpo o agregársela indefinidamente, siempre que al mismo tiempo extraigamos o agreguemos una dosis semejante de electricidad contraria. Se ha podido sostener, y todavía se sostienen, teorías en las que se admite que el calor o la electricidad se destruyen o se crean por entero en las reacciones químicas o moleculares, y, en una palabra, todo lo que es fundamento real de la idea de materia, en lo que respecta a los cuerpos ponderables, parece contrario a la experiencia, o por lo menos, no ha sido todavía comprobado por ésta, en lo que concierne a los pretendidos flúidos imponderables.

163. De allí la opinión, ya muy acreditada, de que la luz, el calor, la electricidad, bien podrían ser solamente otros tantos modos especiales de fuerza o movimientos inherentes a los átomos de la materia ponderable. Para juzgar el mérito de esta nueva hipótesis, hay que distinguir entre los diversos órdenes

(*) Si los movimientos de los cometas de período corto parecen indicar que sufren en los espacios celestes una resistencia apreciable, es lícito, hasta nueva orden, explicarla por la difusión de una materia ponderable extremadamente rarificada, más que por la presencia del éter imponderable, a cuyas vibraciones atribuímos la producción de los fenómenos de luz y de calor de irradiación.

de fenómenos que se acostumbraba a relacionar, y que todavía se relacionan con los agentes imponderables. Unos, tales como la propagación lenta del calor en el interior de los cuerpos sólidos, los desprendimientos de calor, de electricidad en las relaciones químicas, parecen tan ligados en sus manifestaciones a la presencia de un medio ponderable, tan relacionados, por lo tanto, a la constitución de los cuerpos ponderables y a los atributos intrínsecos de la materia ponderable, que nos es fácil admitir y concebir (por lo menos de una manera general y vaga) que todo esto podría explicarse por ciertos movimientos impresos a las últimas partículas ponderables, o por ciertas fuerzas «sui generis» que solicitan dichas partículas. No hay que considerar esto como una explicación científica, que no será posible dar durante mucho tiempo, y que quizá no lo sea nunca, sino como la indicación filosófica de un principio racional de explicación, del tipo de aquellos con los cuales Pascal, en su mal humor contra las novelas científicas de Descartes, quería que nos contentásemos. «Hay que decir en términos generales: esto se hace con materia y movimiento». Pascal tenía razón: esta manera de decir «en términos generales», es lo que distingue la pura y legítima concepción filosófica de la falsa pretensión de una explicación científica cuyo momento no ha llegado aún.

Otra es la dificultad cuando se trata de fenómenos tales como los de luz y calor de irradiación, que no percibiríamos, sin duda, si los cuerpos ponderables se suprimieran, pero que en el estado actual de nuestros conocimientos nos parece que tienen un modo de existencia y de propagación independiente, efectivamente, de la presencia de los cuerpos ponderables. «La luz y el calor de irradiación —dice muy bien a este propósito Hirns (*)— se propagan a través de ciertos cuerpos sólidos o líquidos; pero por diáfanos o diatermanos que sean los cuerpos, siempre hay una notable disminución de intensidad en la irradiación como consecuencia de este trayecto. En los gases en los cuales, generalmente, la propagación conserva mucho más tiempo su integridad primitiva, la conserva, por otra parte, tanto mejor cuanto más rarificado sea el gas, es decir, cuanto menos materia contenga el espacio. En los espacios celestes, la irradiación parece hacerse íntegramente a todas las distancias, y la ley matemática de la disminución de intensidad, en razón inversa al cuadrado de las distancias, se aplica en toda su pureza. La materia no puede, pues, ser considerada de ningún modo como el medio vibrante, puesto que la propagación

(*) «Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur», pág. 226. (Investigaciones sobre el equivalente mecánico del calor.)

se hace tanto mejor cuanto más rara sea la materia, y se hace con entera libertad allí donde tenemos razones para creer que ya no hay materia». El mismo físico observa todavía que, en las experiencias de repulsión o atracción entre corrientes electro-dinámicas, pueden reemplazarse los hilos metálicos por tubos de vidrio en los que se hace gradualmente el vacío; en este caso, la propagación de la corriente en el interior de los tubos sólo comienza cuando el aire interior ha adquirido un grado suficiente de rarefacción y luego se hace tanto mejor y en una extensión tanto mayor cuanto más completo sea el vacío, de manera que se produce entre los tubos de vidrio, según el sentido de las corrientes, los mismos movimientos de alejamiento o acercamiento que se observaban entre los hilos metálicos. Así, pues, no era en las partículas que constituían los hilos metálicos donde residían esencialmente las fuerzas o movimientos que daban lugar a los fenómenos electro-dinámicos, sino en un medio de naturaleza distinta, que sigue subsistiendo después de haberse agotado toda materia ponderable.

164. No olvidemos, por otra parte, que todo el sistema de la física moderna se alteraría si fuese preciso renunciar a esta gran idea de la gravitación universal, concebida en toda su pureza matemática, como una ley simple, primordial o más cercana a la esencia de las cosas, que aquellas, con cuya ayuda ligamos, más o menos bien, los hechos, por cierto complejos y llenos de particularidades, que encontramos aquí y allá, en el estudio de la física molecular. La idea de la gravitación universal es el modelo, el arquetipo con cuya ayuda concebimos las fuerzas intermoleculares; y volveríamos a todas las oscuridades de los físicos peripatéticos o cartesianos si, por el contrario, nos fuera preciso explicar de manera vaga, por movimientos o fuerzas moleculares, la ley tan grande y tan simple de la atracción newtoniana. Nunca vemos que lo que ocurre entre los átomos de la materia ponderable tenga la menor influencia sobre la atracción a distancia, tal como Newton la ha definido, atracción que persiste en el mismo grado que la masa o inercia de los cuerpos, a pesar de todos los cambios de estado molecular. Pero, al contrario, en los fenómenos en los que tenemos que sospechar la intervención de un principo imponderable, y sobre todo en lo que atañe más especialmente a la electricidad, se observa que los movimientos que se producen o las fuerzas cuya actividad se concentran en la esfera infinitesimal de los fenómenos moleculares, dan lugar a atracciones o repulsiones a distancias sensibles, completamente comparables, en cuanto a su modo de manifestarse y a su ley de decrecimiento, a la gravitación universal; o recíprocamente, se observan que estas

atracciones o repulsiones a distancias sensibles determinan reacciones en la esfera infinitesimal de los fenómenos moleculares. Semejante conversión en los efectos, cuyo estudio y descripción pertenece a lo que hemos convenido en llamar física de los imponderables, parece estar en oposición flagrante con una de las distinciones más netas que nos ofrece la física de los cuerpos ponderables; y no es ésta, en nuestra opinión, una de las razones menos poderosas para mantener en nuestras explicaciones científicas la noción de los imponderables como principios distintos de los elementos de la materia ponderable, que poseen sus energías propias y sus propiedades especiales.

165. Si tenemos razones para considerar el átomo ponderable, extenso y figurado como teniendo solamente una existencia hipotética e ideal, lo mismo ocurrirá, con mayor razón, con el átomo imponderable. En este sentido, pues, la noción de un éter imponderable, como la de los cuerpos ponderables, no implicaría esencialmente nada más que la noción de movimientos o fuerzas que emanan de centros o focos dinámicos móviles. La existencia del medio etéreo y de los movimientos internos que lo agitan pueden sernos revelados de dos modos: ya por una acción directa sobre nuestra sensibilidad, que no podemos ni podremos jamás relacionar con una causa mecánica (132) (en cuyo caso, la idea de los movimientos del medio etéreo se nos presenta sin estar necesariamente asociada a la idea de una fuerza mecánica, a pesar de que la idea más general de una energía cualquiera la acompaña siempre); ya por una perturbación introducida en la constitución misma de los cuerpos ponderables, en cuyo caso asociamos necesariamente a la idea de movimientos, en el medio etéreo, la idea de un despliegue de fuerza mecánica, susceptible de actuar sobre la materia ponderable. En cuanto a la objeción de que el medio etéreo, si se sustrae a la gravitación debe también sustraerse a la ley de inercia, y, por lo tanto, no debe tener acción sobre la materia ponderable, está claro que sólo se funda en la extensión de un principio empírico, que otras experiencias tanto pueden rechazar como justificar. El postulado de la acción a distancia parecía, en primer lugar, mucho más difícil de conceder, y, sin embargo, estamos habituados a hacer dicha concesión.

Si esta manera de explicar el conjunto de los fenómenos del mundo físico tiene algún fundamento, hay que decir que el medio o medios etéreos tienen un número suficiente de propiedades comunes con la materia ponderable como para justificar esas denominaciones de éter, materia sutil, flúidos imponderables o incoercibles que los hombres utilizan para designarlos, desde el momento en que empezaron a reflexionar sobre las

causas de los fenómenos naturales; y, por otra parte, difieren de la materia ponderable por caracteres suficientemente esenciales para que nos hayamos inclinado a considerarlos como ocupando, en la serie de las existencias, un lugar intermediario entre los cuerpos y los espíritus o, para hablar el lenguaje ontológico, entre las sustancias corporales y las sustancias espirituales; móviles y localizados en el espacio como las primeras, inaprehensibles e impalpables como las otras, adecuadas, por lo tanto, según parece, para servir de lazo físico entre unas y otras, aunque no haya llegado todavía el momento de examinar en qué medida debemos considerar esta última conjetura.

Capítulo IX

Consideraciones generales sobre el atomismo y el dinamismo. De las ideas de causa y sustancia en cuanto proceden de las ideas de fuerza y materia.

166. Retomemos las consideraciones generales ya indicadas en el capítulo precedente, despojándolas de los detalles técnicos. Hemos demostrado que toda hipótesis sobre la configuración, extensión, solidez o impenetrabilidad de los átomos carece de fundamento y que, en presencia de los datos de la ciencia moderna, sólo subsiste efectivamente, de todo el andamiaje del sistema atómico, la concepción de los puntos móviles, centros de fuerzas de atracción y repulsión que los mantienen a distancia unos de otros. ¿Quiere decir esto que es preciso sustituir a la hipótesis vulgar de átomos de dimensiones finitas, aunque extremadamente pequeños y de figuras determinadas, aunque desconocidas, otra hipótesis sobre la constitución de los cuerpos, del tipo de las propuestas por Leibnitz y otros filósofos «dinamistas»? De ninguna manera, puesto que sería reproducir, bajo otra forma, una pretensión que creemos insostenible: la de penetrar la esencia de las cosas y fijar sus primeros principios. Al contrario, admitimos que la teoría atomista es de uso necesario, que no podríamos dejar de utilizarla en el lenguaje de las ciencias, porque nuestra imaginación necesita descansar en algo, y este algo, en virtud de los hechos analizados en otra parte al tratar las sensaciones (*), no puede ser más que un átomo o corpúsculo extenso y figurado. Pero la razón interviene para abstraer la idea o lo que es objeto de un verdadero conocimiento, de la imagen que la sirve de sostén, y cuyo empleo necesario no es más que la consecuencia de las leyes de nuestra organización intelectual. La hipótesis atomista se cuenta entre las hipótesis cuyo empleo, tan frecuente en ciencia, no hay que censurar, siempre que no se cometa el error de confundir con los materiales de la cons-

(*) «Essai...», t. I, cap. VII.

trucción científica, lo que sólo es el andamiaje externo, y que se comprenda bien que estas concepciones hipotéticas no se introducen a título de ideas, sino como imágenes y por la necesidad que tiene el espíritu humano de empalmar las ideas sobre imágenes.

167. Tenemos que notar aquí, principalmente, el modo de asociación y de contraste de las ideas de materia y de fuerza, del atomismo y del dinamismo. La idea de fuerza y la de cuerpo aparecen simultáneamente en el espíritu (81); además, estamos organizados de manera tal que podemos representarnos los cuerpos, pintarlos en nuestra imaginación como en un cuadro, mientras que no tenemos ningún modo de pintar las fuerzas y representarlas si no es mediante signos convencionales y simbólicos; y así, desvaneciéndose la imagen del cuerpo extenso, se desvanece, por lo mismo, todo medio de representarnos el modo de existencia de la fuerza. Sentimos a la vez nuestra propia fuerza y nuestro propio cuerpo; el separar fuera lo que la naturaleza ha unido en nosotros, choca contra las leyes de nuestra constitución intelectual, y el sentido común no lo consiente; pero en la esfera especulativa, la razón tiende a restringir el número de los postulados, a no conservar más que uno, si uno solo fuera suficiente. De allí los dos sistemas opuestos: el atomismo puro y el dinamismo puro. El atomismo puro suprime la idea de fuerza, por superflua, en la explicación de los fenómenos; sólo admite cuerpos cuyas velocidades y movimientos están sometidos a leyes, y no pudiendo atribuir a los cuerpos al alcance de nuestros sentidos la impenetrabilidad, sin la cual no podemos imaginar cómo el cuerpo se distinguiría del espacio en cuyo seno está colocado, hay que otorgar este atributo a los corpúsculos que escapan a los sentidos, es decir, a los átomos. Este atomismo puro es el antiguo atomismo, que se extiende para nosotros desde Demócrito hasta Gassendi y Descartes inclusive, y al que todavía Leibnitz «adhería», como nos dice «cuando era pequeño». Los átomos se enganchan, se chocan, se arrastran; todo esto puede comprenderse físicamente, sin que hagamos intervenir la noción de fuerza, que no corresponde más que a un modo de nuestra sensibilidad y que no expresa sino una de nuestras afecciones íntimas. Sin embargo, el triunfo de la concepción newtoniana en astronomía y física general, y los progresos de la física de detalle, quebrantan este antiguo atomismo. Aún Huyguens y Leibnitz, que tenían por la acción a distancia (esa nueva causa oculta) una enorme repugnancia, han sido vencidos; el principio de la acción a distancia es aceptado, y con él vuelve a introducirse inevitablemente la idea de fuerza; en efecto, ¿cómo concebir

humanamente la acción a distancia, qué sostén natural podría tener en nuestro entendimiento, si no la relacionáramos con la idea de fuerza tal como la Naturaleza nos la sugiere? De allí el paso o retorno por un camino completamente moderno y científico al dinamismo puro; no es difícil establecer que, una vez admitida la idea de fuerza, ésta hace que la concepción del átomo sea lógica y filosóficamente superflua, y no la deja subsistir más que para satisfacer una necesidad de la imaginación y la comodidad del lenguaje.

168. Puesto que la imaginación desempeña un gran papel en el ejercicio de nuestra facultad de pensar, y que el lenguaje es su instrumento necesario, es, sin duda, ya una gran ventaja el acomodarse a las necesidades de la imaginación, así como a las conveniencias del lenguaje, y esto sería suficiente para justificar la preferencia dada por el sentido común de la escuela francesa, a una explicación en la que entran por partes iguales el dinamismo y el atomismo, sobre un sistema de dinamismo puro, que puede preferirse en otra ocasión, como más racional, pero que no permitiría jamás que la exposición elemental de las ciencias físicas llegaran al mismo grado de precisión y claridad. Sin embargo, no debemos equivocarnos: la claridad que deseamos para la exposición de la física sólo la obtenemos a condición de hacer más incomprensible, más ininteligible el paso de las ciencias físicas a las ciencias que tienen por objeto los fenómenos de la vida. No representamos mejor el juego de las fuerzas físicas cuando las imaginamos adheridas a átomos extensos y figurados, aunque las dimensiones y figuras de esos átomos deban permanecer indeterminadas y no influyan efectivamente en la explicación científica. Enhorabuena; pero entonces los fenómenos vitales nos parecerán todavía más misteriosos, por la imposibilidad de explicarlos mediante fuerzas adherentes a átomos extensos y figurados. El arte de explicar, como el arte de negociar, a menudo, sólo es el arte de trasladar dificultades. Una vez que se haya admitido cierto postulado, se explicarán cosas que antes no se explicaban; y, ¿qué gana con ello la razón, si le cuesta tanto admitir ese postulado, como permanecer sin explicar aquellas cosas para cuya explicación sirve dicho postulado? Parecería que hubiera en algunas cosas un fondo de oscuridad que las combinaciones de la inteligencia humana no pueden ni suprimir ni disminuir, sino solamente repartir diversamente, ya dejando todo en un claroscuro, ya aclarando algunos puntos en perjuicio de otros, que se encuentran así recubiertos por una sombra más espesa. El sistema cartesiano es un ejemplo notable de combinaciones de este tipo, y de lo que podríamos llamar «desplazamiento

de sombra». Por un lado, las sustancias cuyo atributo característico es la extensión y que son incapaces de pensamiento; por otro, las sustancias cuyo atributo característico es el pensamiento y que son incapaces de extensión. ¿Qué puede ser más neto y preciso? ¿Cómo pedir divisiones más categóricas y claras? Sin duda, pero la simplicidad, la facilidad de esta primera concepción, conduce al absurdo del animal máquina y a muchos otros. He ahí el precio que debe pagar la razón por una satisfacción pasajera.

169. A pesar de lo que puedan decir las escuelas científicas modernas, temerosas sobre todo de que se crea que están haciendo metafísica, tanto el atomismo atenuado como el atomismo puro, implican la pretensión de captar de algún modo la esencia de las cosas y su naturaleza íntima.

No se pretende conocer por completo la naturaleza de ese corpúsculo esférico o poliédrico que imaginamos, ni la razón de las fuerzas que lo solicitan. Concedido. Pero se afirma que tiene dimensiones y figura determinadas, primitiva, indestructible e independientemente de las fuerzas que lo solicitan o se adhieren a él. Así llegamos, pues, o creemos llegar, a una parte, por lo menos, de su constitución esencial, a un hecho primitivo; porque el suponer que la figura y dimensiones del átomo fuesen hechos derivados y secundarios, que fuesen la constitución y obra de otras fuerzas, sería caer en el dinamismo puro, que se quiere evitar como ininteligible o como menos inteligible que un sistema combinado de dinamismo y atomismo, en dosis moderadas. Se alcanza así la meta, y la exposición de las ciencias físicas, lo reconocemos voluntariamente, se hace más fácilmente inteligible; pero no hay que sorprenderse si, en compensación, el paso de las ciencias físicas a las ciencias de la vida se hace mucho menos inteligible. Y, en suma, para la armonía general del sistema de nuestros conocimientos y por consiguiente (hasta allí donde podamos juzgarlo) para la percepción más exacta de la armonía que ciertamente existe en el conjunto de las cosas, la fe en los átomos es más bien una traba que una ayuda.

170. Por todo lo que ha sido dicho en lo que va de este segundo libro, se ve cómo las ideas fundamentales de fuerza y materia aparecen simultáneamente, se explican y sostienen unas a otras, tanto al comienzo de la percepción sensible, cuando nuestros conocimientos están todavía en un estado rudimentario, como cuando han conseguido desarrollarse y sistematizarse científicamente. Sin el sentimiento del esfuerzo ejercido, nunca tendríamos la idea de cuerpo; por otra parte,

no podríamos concebir la fuerza pura no inherente a un cuerpo. La razón tiende permanentemente a suprimir uno de esos términos conexos, ya la fuerza, ya el cuerpo, como lógicamente superfluo para la explicación de los fenómenos; y existe una tendencia contraria del sentido común (es decir, del espíritu humano tal como lo creó la Naturaleza, compuesto de razón, imaginación y hábitos) que trata de restablecer sin cesar esta dualidad primordial que la razón y la lógica quisieran reducir a unidad. Conocemos bien ahora (por lo menos así lo supongo) el origen de esta doble tendencia y sus consecuencias, tanto filosóficas como científicas.

171. Las ideas o categorías más generales de «causa» y de «sustancia» se relacionan manifiestamente con las ideas de fuerza y materia, clave de la explicación que podemos dar de los fenómenos físicos. Cuando el espíritu humano se limita a contemplar el encadenamiento de las verdades abstractas, ya posee o puede poseer, la idea de la razón de las cosas, pero todavía no tiene la de causa. Los fenómenos podrían sucederse ante nosotros, y si no tuviésemos el sentimiento de nuestra intervención activa, del empleo de nuestra propia fuerza para determinar los fenómenos que, sin ésta intervención y esta fuerza, no se producirían, no tendríamos la idea de causa y no la haríamos figurar en las explicaciones que damos de los fenómenos naturales. Veríamos que la noche sigue regularmente al día y el día a la noche, sin que la regularidad y constancia de esta sucesión alternativa nos sugiriera (como debería ocurrir en el sistema de Hume y de otros filósofos de esta escuela) la idea de la relación causa-efecto. Y no es ésta una hipótesis gratuita, ya que, de hecho (según una observación de Reid, tan simple como ingeniosa, y que no ha dejado de repetirse), desde hace varios miles de años los hombres observan esta sucesión regular, y nadie ha dicho todavía que la noche fuese causa del día o el día causa de la noche. En el mito de Saturno que devora a sus hijos, se reconoce una exuberancia de la imaginación que tiende a poner una fuerza activa allí donde sólo observamos un orden de sucesión; pero los mitos son mitos, y jamás debe confundirse una expresión simbólica o figurada con el lenguaje de la razón.

172. Destiérrese de la física la idea de fuerza; véase en el mundo, con Descartes, nada más que corpúsculos actualmente animados por determinadas velocidades, y que se desplazan cuando se encuentran, por una propiedad esencial de la materia o en virtud de una ley general impuesta por el Creador de las cosas, y será lógico desterrar también de la física, la idea de causa.

Si establecemos el movimiento del cuerpo A en una dirección determinada, el movimiento del cuerpo B, al final de un tiempo igualmente determinado, será su consecuencia, su continuación, su corolario, como una proposición geométrica es la consecuencia, la continuación, el corolario de otra. Las palabras causa y efecto no expresan ya otra cosa que las palabras principio y consecuencia, y, por lo tanto, son superfluas. Se admite todavía, si se es teísta, una verdadera causa que es Dios; las causas llamadas secundarias no se califican ya como causas, sino abusivamente, por lo menos en el orden de los hechos físicos.

173. La relación entre la idea de sustancia y la de materia no es menos manifiesta. Sin duda extraemos primeramente de nuestro sentido íntimo la idea de sustancia, como extraemos la de fuerza o causa. La idea de sustancia proviene originariamente de la conciencia que tenemos de nuestra identidad personal, a pesar de los cambios continuos que la edad, la experiencia de la vida y los accidentes de toda suerte introducen en nuestra constitución física, en nuestras ideas, sentimientos y juicios, en la forma en que impresionamos a los otros y en los juicios que los demás formulan sobre nosotros. Esta idea depende, pues, naturalmente, de la constitución del espíritu humano, y la estructura de los distintos idiomas podrían dar una prueba de ello. Pero cuando empleamos esta idea, que nada tiene de sensible, para reunir entre sí fenómenos sensibles, la razón podría dudar de la legitimidad de esta aplicación cuando se hace fuera de nosotros, si la experiencia no nos enseñara que hay en efecto, en los cuerpos, algo que persiste, a pesar de todos los cambios (101), y aunque estos corpúsculos extensos y figurados que imaginamos, o mejor dicho, que tenemos la necesidad de imaginar para servir de sostén a los fenómenos naturales y a las fuerzas que los producen, no fueran más que una hipótesis pura, contradicha aún por todas las indicaciones de la razón (*).

174. Si imprimimos un movimiento a un punto de la superficie de una masa líquida, damos nacimiento a una «onda» cuya propagación, en todos los sentidos, seguimos con la vista. Esta onda tiene una velocidad de propagación que le es propia, y que no debe confundirse con las velocidades de cada una de las partículas flúidas que, sucesivamente, se levantan o descienden un poco, por encima y por debajo del plano del nivel que las contiene en estado de reposo. Estos movimientos de vaivén, que se imprimen a las partículas materiales, permanecen muy pequeños y apenas mensurables, mientras que la onda avanza siempre, hasta grandes distancias, con una velocidad que apreciamos perfectamente sin instrumentos y que podemos medir de modo más exacto ayudándonos con los medios adecuados. Si diversos puntos de la superficie, alejados unos de otros, se convierten a la vez en centros de movimientos ondulatorios, veremos varios sistemas de ondas encontrarse y cruzarse sin confundirse. Todo esto nos autoriza, por cierto, a concebir la idea de onda como la de un objeto de observación y de estudio, que tiene su manera de ser, sus leyes, sus caracteres o atributos, tales como el de una velocidad de propagación mensurable. Y, sin embargo, la realidad material o sustancial no pertenece a la onda, sino a las moléculas que, sin desplazarse de manera sensible, se convierten sucesivamente en sede de movimientos oscilatorios. ¿Por qué lo sabemos? Porque hemos podido reconocer, en esas gotas o moléculas, caracteres de persistencia e indestructibilidad que la onda no nos ofrece.

(*) «Essai...», cap. IX, Nos. 135 y sig.

El sonido, por su manera de manifestarse y propagarse, se asemeja mucho a la onda visible, y, efectivamente, hemos conseguido demostrar que el sonido es el resultado de un movimiento ondulatorio producido en medios ponderables. Por el hecho de que la ciencia de la acústica sea más profunda, gracias a la adquisición de este conocimiento, no se sigue de ningún modo que la acústica fuera sólo fantasmagoría, mientras la explicación del sonido por ondulaciones de un medio ponderable no se presentó al espíritu o permaneció en estado hipotético. Otro tanto debe decirse de la óptica, aunque todavía ahora sólo puedan considerarse como hipótesis las explicaciones de los fenómenos de óptica, fundadas en oscilaciones de un medio que es ponderable según algunos, e imponderables según otros.

175. Encontraremos entre las ideas de causa y sustancia las mismas asociaciones y las mismas oposiciones que entre las ideas de fuerza y materia, de las que, en el fondo, derivan. En ciertas escuelas físico-matemáticas se ha rechazado la idea de fuerza como oscura y superflua; en ciertas escuelas filosóficas, con igual fundamento, se rechazó la idea de causa, para no conservar más que la de sustancia, de cuyo seno salen todas las manifestaciones fenoménicas, por un encadenamiento de leyes necesarias y que dependen de la naturaleza misma de la sustancia. Otros filósofos, por el contrario, como Leibnitz, y en nuestros días Maine de Biran, han declarado a veces que no comprendían la sustancia privada de toda actividad; otras que el carácter esencial de la sustancia consiste en la acción y la causalidad, es decir que en el fondo sólo se interesaron por la idea de causa como idea fundamental y generadora, reteniendo

la palabra sustancia para conformarse al uso o a los prejuicios dominantes. Aquí tenemos las mismas tentativas para reducir a unidad, mediante un análisis lógico o racional, dos ideas que aparecen naturalmente en el espíritu humano, una frente a otra. El predominio de la idea de sustancia nos inclina hacia el materialismo o el espinosismo; las escuelas espiritualistas o teístas se acomodarán mejor con el predominio adquirido por la idea de causa; porque, en el fondo, la imaginación capta o cree captar la sustancia en la materia; y como la imaginación no tiene ninguna acción sobre la sustancia material, como tenemos por el sentido íntimo una percepción más clara o más inmediata de nuestro «yo» como causa, que de nuestro «yo» como sustancia, es natural que el espiritualismo se muestre favorable a lo que agranda el papel de la idea de causa, liberando a la razón de las dificultades sin número, que la idea de sustancia, aplicada a los fenómenos que exceden el orden físico, acumula a su alrededor.

Capítulo X

Caracteres generales de los fenómenos y de las leyes del orden físico. De la idea de mundo y de las ciencias cosmológicas, en contraste con las ciencias físicas propiamente dichas.

176. ¿Encuéntrase en los fenómenos y en las leyes del orden físico algún carácter general que sea adecuado para definirlo y distinguirlo de todo lo que pertenece a un orden diferente? La respuesta sería bien sencilla si pudiéramos admitir que toda la física se resuelve en mecánica: las leyes generales de la física serían entonces las leyes de la mecánica (123). Pero como nada autoriza suficientemente a presumir esta reducción o esta reductibilidad, hay que buscar si no existe algo común entre los fenómenos que, incontestablemente, se desprenden de la mecánica y los otros fenómenos físico-químicos, cuya explicación podríamos relacionar con las leyes mecánicas, únicamente mediante la ayuda de hipótesis discutibles. Además, es necesario, de acuerdo con una lógica estricta, que los principios de los que queremos extraer una característica común a la mecánica y a las otras ramas de las ciencias físicas, no tengan un grado de generalidad que pueda exceder el círculo de las ciencias físicas, como podemos sospecharlo, por lo menos para ciertos principios de dinámica superior (154), que parecen encontrar su aplicación, aun a cosas de orden fisiológico, intelectual, político o moral (*).

Ahora bien, parece posible establecer la existencia de principios de una generalidad adecuada, con precisión a la rúbrica bajo la que comprendemos todos los fenómenos de orden físico, sobre todo a fin de ponerlos más tarde en contraste con aquellos en los cuales interviene la acción vital. Un planeta atrae a otro, exactamente como si los demás planetas no existieran, y análogamente, cuando un bloque de hielo se funde, el trabajo de fusión que se opera en un punto de la masa, no depende de ningún modo del trabajo de fusión que se opera en otro punto. En general, admi-

(*) «Essai...», cap. XI, Nº 154.

timos que cada elemento de un sistema material ejerce sobre otro elemento del mismo sistema, o sobre cada elemento de otro sistema, la acción que le es propia, exactamente como si no existieran más que esos dos elementos que están en presencia uno de otro, y que todos los demás hubiesen desaparecido. Todas las acciones binarias coexistentes se superponen y a veces se componen y se neutralizan; pero no por eso dejan de subsistir cada una aparte, sin influirse ni alterarse recíprocamente, aunque los resultados, que son los únicos que alcanzan nuestros sentidos, puedan ser muy distintos, según como se combinen las acciones elementales. Un ácido A y una base B, enfrentados en una disolución química, se unen para formar una sal, mientras que la combinación no se producirá si el ácido A ya se encuentra unido a una base B', para la que tiene, en las circunstancias dadas, mayor afinidad que para la base B. Sin embargo admitimos, y todo nos autoriza a ello, que la afinidad de las moléculas ácidas A para las moléculas básicas B, no se ha destruído, aunque el efecto se neutralice o destruya por la presencia de las moléculas básicas B'. La presencia de las moléculas B' no anula ni suspende las virtudes inherentes a las moléculas A, no les imprime virtudes nuevas, sino solamente se opone a la manifestación de ciertos efectos o favorece la manifestación de otros. Este principio, que utilizamos en mecánica, lo aplicamos análogamente aquí, aunque sea temerario afirmar que los fenómenos de afinidad química impliquen una explicación mecánica y análogamente se hará una aplicación a los fenómenos físicos de cualquier otra categoría. Por el contrario, parece no ser ya aplicable cuando pasamos a los fenómenos del organismo, en los cuales parece que la acción propia de cada elemento del sistema orgánico, sólo se produce en virtud de un lazo orgánico y se encuentra en dependencia inmediata de la estructura y funciones del sistema. La coordinación de las partes del ser organizado no produce solamente la coordinación de los efectos parciales; parece determinar también la acción propia de cada parte del organismo.

177. Si por el modo de coordinación y composición de las partes del sistema material, los efectos elementales son independientes unos de otros, como siempre se consideran independientes unas de otras las acciones elementales que las determinan, se caerá en el caso de la proporcionalidad entre causas y efectos. Para fundir dos kilogramos de hielo se necesita una cantidad de calor precisamente doble a la que se requiere para fundir un kilogramo, puesto que la fusión de cada miligramo de hielo es un efecto que se cumple de la misma manera, cualquiera sea la masa del bloque, y entren o no en fusión, las otras partes del

mismo. No por eso concluiremos que, para determinar la explosión de un cartucho de dos kilogramos de pólvora, sea necesario introducir en él una dosis doble de materia incandescente de la que provocaría la explosión de un kilogramo; y así sucede con todos los fenómenos (la mayoría de ellos todavía muy oscuros) que, en el lenguaje actual de la química, se designan con el nombre de fenómenos «catalíticos». Aquí, los efectos parciales se implican unos a otros, a pesar de la independencia atribuída a las acciones elementales que los determinan.

Por otra parte, como solamente los efectos están al alcance de nuestros sentidos, como las fuerzas o acciones a las que los ligamos sólo son percibidos por los ojos del espíritu, claro está que debemos decir del principio general del que nos ocupamos, lo mismo que decimos del principio correspondiente en mecánica (121); no es precisamente una hipótesis, y mucho menos un axioma; es un postulado de la razón, y muy justificado, puesto que vemos el sistema de nuestras explicaciones encadenarse más regularmente gracias al postulado admitido.

178. Todas las afecciones de los cuerpos, cuyo estudio es objeto de las ciencias físicas, tienen además el carácter común de ser concebidas por nosotros como resultado de ciertas propiedades o fuerzas permanentes, indelebles, inherentes a la materia en todo tiempo y lugar. Vemos que un cuerpo se mueve en un medio resistente; su velocidad decrece progresivamente, en cierto modo se desgasta, y finalmente el cuerpo llega al reposo. Este cuerpo ha cambiado de estado, con el tiempo; su velocidad ha sido, como dicen los geómetras, función del tiempo (52), pero este fenómeno mecánico es la consecuencia necesaria de las propiedades que han pertenecido y que pertenecerán siempre a las moléculas del cuerpo y a las del medio en cuyo seno su velocidad se agota progresivamente. Ni la movilidad, ni la inercia, ni la masa de cada molécula, han cambiado ni cambiarán mientras dure el fenómeno que hemos observado en los tiempos anteriores y posteriores. Así como tenemos que considerar (55) el transcurso del tiempo como independiente de todos los fenómenos que se cumplen en él, así admitimos que todo fenómeno de orden puramente físico es gobernado por leyes permanentes e inmutables en el tiempo. La masa de la tierra ha estado, y quizá esté actualmente, sometida a un enfriamiento secular y en este sentido su estado termométrico cambia con el tiempo; sin embargo, no por eso dejamos de considerar como permanentes o como independientes del tiempo, las leyes de la propagación y la irradiación del calor, en medios ponderables y en espacios privados de materia; de manera que el tiempo interviene en la medida y en la determinación de los efectos, en razón del estado

del sistema en la época en la que se cuenta el tiempo, pero no en la medida o en la determinación de las fuerzas o de las causas activas de las que proceden los cambios de estado del sistema. Análogamente, cuando moléculas que, una frente a otra, químicamente inactivas a causa de la distancia que las separa, se aproximan lo suficiente como para que puedan producirse nuevas combinaciones químicas, no admitimos por ello que esas moléculas adquieran, por acercamiento, propiedades o energías que no tenían antes; por el contrario, admitimos que han poseído y que poseerán siempre esas energías, esas aptitudes químicas, cuyos efectos solamente son los que comienzan, cesan y cambian según las circunstancias que varían con el tiempo. En general, toda vez que se trate de fenómenos de orden físico, si esos fenómenos parecen a primera vista depender de fuerzas o causas que varían con el tiempo, es inherente a las leyes de nuestra inteligencia el considerar el fenómeno como explicado, únicamente cuando hemos conseguido hacerlo depender de causas permanentes, inmutables en el tiempo, y cuyos efectos son los únicos que varían a partir de una época dada, como consecuencia de las disposiciones que el mundo o las partes del mundo que consideramos, ofrecen en dicha época, disposiciones que nuestra inteligencia acepta, no como leyes, sino como hechos (41). El progreso constante de las ciencias físicas, cumplido bajo el imperio de esta idea reguladora, la justifica suficientemente a los ojos del filósofo.

179. ¿Ocurre lo mismo, fuera del orden de los fenómenos puramente físicos y al tratarse de fenómenos vitales? Hay que cuidarse contra la posibilidad de que la tendencia a resolver afirmativamente este problema no sea más que la tendencia a dar una explicación puramente física de la vida, a admitir que, en definitiva, los fenómenos vitales sólo sean un modo particular de la manifestación de las propiedades de la materia, o de los medios imponderables que actúan sobre la materia. Efectivamente, si partimos de allí, habrá que creer que la aptitud para las manifestaciones vitales, como la aptitud para las manifestaciones químicas, depende de las propiedades inmanentes de la materia y de los medios imponderables, los cuales sólo esperan una disposición propicia para producir los efectos al alcance de nuestra observación. Si, por el contrario, se admite que no se encontrará jamás una explicación de los fenómenos vitales por las propiedades físicas de los cuerpos, porque esta explicación no puede darse, ya no se ve ningún motivo suficiente para afirmar que los fenómenos vitales que, por cierto, varían con el tiempo, deben relacionarse a fuerzas, a energías primitivas, inmutables en el tiempo. En cambio, hay motivos suficientes para creer que los períodos de actividad y de reposo que atraviesan

los fenómenos de la vida, no dependen solamente de las alteraciones materiales de los órganos, sino más bien de cambios esenciales en la energía del principio activo que determina las evoluciones del ser viviente, y en este aspecto, como en muchos otros, existe un contraste profundo entre el orden de los fenómenos puramente físicos y el de las funciones vitales. Más lejos volveremos sobre estas consideraciones; aquí sólo queremos resumir el sistema de nuestras ideas sobre fenómenos de orden físico.

180. De todo lo que acabamos de exponer, parece resultar que los términos de «excitación», «estimulante», «exaltación» y otros semejantes, cuando los empleamos a propósito de fenómenos de orden físico y de las fuerzas que los determinan, sólo son empleados impropiamente y de manera abusiva, como alusión a nuestra manera de concebir los fenómenos vitales. Apretamos el botón de una campanilla y durante un cierto lapso, la campanilla sufre un estremecimiento sonoro, ¿quiere decir ésto que el choque del badajo ha despertado, excitado, exaltado la sonoridad del timbre? ¿Para qué sirve este lenguaje figurado, cuando concebimos perfectamente que el choque ha perturbado el equilibrio molecular, y que de allí ha resultado en virtud de las leyes mecánicas y de las fuerzas permanentes que animan las moléculas, movimientos vibratorios que, al propagarse hasta nuestros oídos, determinan en él la sensación del sonido, movimientos que disminuyen gradualmente como consecuencia de las resistencias que sufren. Es verdad que no concebimos tan claramente cómo el frotamiento de una barra de hierro imantado determina momentáneamente, en una barra de hierro dulce y permanentemente en una de acero templada, propiedades magnéticas; cómo un cuerpo fosforescente, sometido largo tiempo a la acción de los rayos solares, da luego, en la oscuridad, una luz más viva y duradera; cómo los rayos solares que actúan sobre el cloro en estado seco y gaseoso, lo hacen más adecuado para combinarse químicamente, aun en la oscuridad, con el gas hidrógeno con el que se mezcla; cómo las partículas de oxígeno, influídas de algún modo por la electricidad, adquieren aptitudes químicas especiales, hasta tal punto, que se ha creído necesario designar con un nuevo vocablo, «ozono», el oxígeno así modificado. Sin embargo, es lícito admitir, por lo menos hasta nueva orden, que en un estado más perfecto de nuestros conocimientos, podríamos explicar todos estos fenómenos, como explicamos el de la sonoridad pasajera de la campanilla, por la manera como actúan y reaccionan momentáneamente debido a circunstancias también pasajeras, fuerzas que son perpetuamente inherentes a la materia y a los medios ponderables, que no necesitan ser estimuladas, que

nunca están adormecidas aunque puedan resultar ineficaces cuando las circunstancias no se prestan a una acción eficaz. Si los progresos de las observaciones y de las teorías nos obligaran alguna vez a abandonar este punto de vista, habría allí, en efecto, un paso notable de la física a la fisiología, de los fenómenos físicos a los fenómenos vitales; hasta ahora, la delimitación es tan neta en otros aspectos, que necesitaríamos motivos muy graves para introducir semejante modificación en el sistema de nuestros conceptos científicos.

181. La curiosidad del hombre no tiene solamente por objeto el estudio de las leyes y fuerzas de la Naturaleza, sino que se excita más rápidamente por el espectáculo del mundo, por el deseo de conocer su estructura actual, las revoluciones pasadas, y si fuera posible, los futuros destinos. Estas pocas palabras bastan ya para mostrar en qué difiere la idea de la Naturaleza de la de mundo, y porque podemos distinguir entre la serie de las ciencias «físicas» y la de las ciencias «cosmológicas» (*). La física propiamente dicha, en sus ramas múltiples, la química, la cristalografía, son ciencias de primera categoría, a las que se aplica, en todo su rigor, lo que los antiguos decían de la ciencia en general, esto es que no tiene jamás objeto lo particular, lo individual. Por el contrario, la astronomía, la geología, (comprendiéndose lo que en nuestros días llamamos la física terrestre y la geografía física) deben agruparse bajo la denominación de ciencias cosmológicas; y por cierto, no las valoramos menos por ocuparse de objetos particulares o individuales, tales como el sol, la vía láctea, el anillo de Saturno, la luna o la tierra.

182. Es propio de las ciencias físicas, reunir en sistemas las verdades inmutables y las leyes permanentes que dependen de la esencia de las cosas o de cualidades indelebles otorgadas por el poder supremo a las cosas a las que dió existencia; por el contrario, el objeto de las ciencias cosmológicas es una descripción de hechos actuales, considerados como resultados de hechos anteriores, que se han producido sucesivamente unos a otros, y que se explican los unos por los otros, remontándonos así hasta hechos tomados como puntos de partida, que hay que admitir sin explicación, por no conocerse los hechos anteriores que los explicarían. En otros términos, las explicaciones que admiten las ciencias cosmológicas se fundan, principalmente, en la historia de los fenómenos pasados; la palabra «historia» está tomada aquí en su acepción filosófica más amplia, y no en el sentido restringido que se considera, cuando sirve para designar el

(*) «Essai...», t. II, y más particularmente, caps. XX y XXII.

relato de los acontecimientos ocurridos en el seno de las sociedades humanas y particularmente el cuadro de los destinos de las naciones y de las revoluciones de los imperios. Hay que señalar, a propósito de las ciencias que llamamos cosmológicas, esta primera aparición del «dato histórico», que debe asumir en el sistema de nuestros conocimientos, un papel cada vez mayor, a medida que pasemos del estudio de los fenómenos cósmicos más generales al de los fenómenos más particulares que nos ofrecen los seres vivos, para llegar por fin al estudio de los hechos en los que el hombre desempeña una parte principal (80).

183. Aunque dos sistemas sean fundamentalmente distintos, no por eso dejan de tener sus conexiones y trabazones. La fuerza de las cosas obliga a que las ciencias cosmológicas hagan continuamente uso de los datos que les suministran las ciencias físicas; puede ocurrir también, aunque raramente y en cierto modo por accidente, que las ciencias físicas impliquen un dato cosmológico e histórico que sea preciso despejar. Por ejemplo, se considera como perteneciente al dominio de la física propiamente dicha, el determinar el «coeficiente» de intensidad de la gravedad terrestre o el espacio que recorre un cuerpo pesado durante el primer segundo de su caída en el vacío, a una latitud dada y a una altura determinada por encima del nivel del mar. Después que la experiencia haya dado este primer dato, podremos determinar teóricamente todas las particularidades del movimiento de un cuerpo pesado. Ahora bien, este dato depende de la figura y dimensiones de la tierra, de su masa y velocidad de rotación, circunstancias cuya determinación pertenece a la observación cosmológica y de las que solamente podríamos dar cuenta mediante el conocimiento histórico de las fases atravesadas por el mundo anteriormente al estado actual. La experiencia imaginada por Cavendish, para manifestar y medir la débil atracción que ejercen una sobre otra, en virtud de la gravitación universal, las dos esferas de plomo con las que opera, elimina todos los datos cosmológicos. El resultado que obtiene, si es exacto, lo ha sido y lo será siempre. Lo sería aun si transportáramos ambas esferas de plomo a la superficie de Saturno, o más allá de la vía láctea, y depende (o por lo menos así lo concebimos) de las propiedades indelebles de la materia y no de la sucesión de los fenómenos anteriores. En una palabra, pertenece a la física pura.

184. Tal distinción es necesaria para entender en su verdadero sentido lo que los metafísicos dicen del principio de la constancia o permanencia de las leyes de la Naturaleza (*).

(*) «Essai...», cap. IV, Nº 48.

Actualmente, una piedra abandonada a sí misma cae a la superficie de la tierra, ¿pero, es suficiente el principio de la constancia de las leyes de la Naturaleza, para autorizarnos a concluir que esta piedra caería lo mismo y con igual velocidad si volviésemos a hacer esa experiencia en el mismo lugar, al cabo de un tiempo cualquiera? De ningún modo; porque si la velocidad de rotación de la tierra creciera con el tiempo, podría llegar un momento en que la intensidad de la fuerza centrífuga equilibrara la de la gravedad y luego la excediera. Así, no se trata aquí de una experiencia física pura, sino de una experiencia influída por ciertos datos cosmológicos. La experiencia de Cavendish no se encuentra en el mismo caso, por lo menos según la idea que, en el estado actual de nuestros conocimientos, nos formamos de la ley de la gravitación universal, y he ahí por qué estamos autorizados a emitir sobre esta experiencia un juicio completamente diferente. Supongamos que observaciones ulteriores vengan a dar un desmentido a nuestras teorías científicas, y que haya que volver a las ideas cartesianas, atribuyendo las apariencias de la atracción entre los cuerpos ponderables a la presión de algún flúido, que podría encontrarse distribuído desigualmente en los espacios celestes; en esta hipótesis, hoy tan improbable, la experiencia de Cavendish podría dar números variables si nuestro sistema solar se transportara a regiones en las que el flúido se hubiese acumulado de manera desigual. Se vería reaparecer el dato cosmológico en la interpretación de esta experiencia, pero no por eso el espíritu humano dejaría de concebir la posibilidad, y aún la necesidad, de remontarse hasta las leyes y propiedades permanentes, objetos de la física pura, y que al combinarse con ciertos datos cosmológicos, engendrarían los fenómenos observados. Para obligar al espíritu humano a renunciar a esta idea reguladora, sería preciso mostrarle que lo engaña sin cesar, y lo transporta de ilusión en ilusión, de contradicción en contradicción, sin introducir en ninguna parte el orden y la luz, mientras que la regularidad con la que se prosigue la construcción del edificio de las ciencias físicas, bajo el imperio de esta misma idea, la legitima perfectamente y da al sistema de las ciencias físicas uno de sus caracteres esenciales.

Es una cuestión importante la de saber si la misma idea debe ser admitida en todo lo que atañe a la historia de los seres vivientes. Determinada especie apareció en tal tiempo, luego desapareció; bien pudiera ser que la aparición o desaparición deba atribuirse únicamente al cambio de las circunstancias o condiciones externas, pero también podría ocurrir que el conjunto de las observaciones nos obligue a desechar esta explicación como insuficiente, lo que sería lo mismo que

decir que la potencia organizadora de la Naturaleza no tiene por qué actuar siempre del mismo modo en circunstancias idénticas; que tiene sus «épocas» o, en otros términos, que está gobernada por leyes en cuya expresión el tiempo entra de manera inmediata, y no solamente en cuanto las circunstancias varían con el tiempo. Más adelante volveremos sobre estas consideraciones tan delicadas.

CAPÍTULO XI

De las ideas de unidad, individualidad, especie y tipo, en su aplicación a las ciencias físicas y cosmológicas. De la infinitud del mundo, en el espacio y en el tiempo.

185. A continuación examinaremos cómo se aplican a las cosas del orden físico y cosmológico las ideas que hemos tratado sumariamente en nuestro primer libro, anunciando que volveríamos a encontrarlas, diversamente modificadas, en todas las etapas de nuestras construcciones teóricas, a saber: las ideas de unidad, individualidad, especie, tipo y, por último, la idea de infinito.

Si apartamos de nuestras teorías físicas lo que lleva esencialmente el sello de hipótesis, es decir, las concepciones atomísticas, las ideas de unidad e individualidad no pueden ya intervenir en las ciencias físicas propiamente dichas, sino a propósito de los fenómenos de la cristalización; y hay que tener en cuenta que los cristales se nos ofrecen raramente en un estado de aislamiento tal, que acuse netamente su individualidad. Por el contrario, las ciencias cosmológicas abundan en descripciones de objetos materiales e inorgánicos, a los que las circunstancias de su formación han dado un carácter bien neto de individualidad; como, por ejemplo, los astros, en los espacios celestes, y en la superficie de nuestro planeta, los continentes, las islas, lagos, cabos, montañas, etc. Cuando estos objetos presentan para nosotros un interés particular, les damos denominaciones individuales, nombres propios; mientras que las palabras mediante las que designamos los objetos que estudian las ciencias físicas propiamente dichas, tales como metales, gases, sales, no son nombres propios, según la noción gramatical, puesto que no se aplican a individuos determinados. «Agua» no es un nombre propio, mientras que «Océano» sí lo es; ahora bien, la idea de agua es una idea puramente física, mientras que la idea de Océano es una idea cosmológica.

En cosmología, el carácter de individualidad y el nombre propio se aplican a menudo a objetos que sólo existen, por de-

cirlo así, cosmológicamente pero no físicamente, o en cuyo modo de existencia sólo la forma es constante y determinada, en virtud de ciertas condiciones cosmológicas, mientras que el «substratum» material cambia sin cesar. Así sucede con los ríos, las corrientes marinas y atmosféricas, porque es claro que no se pretenderá que el Nilo, el Ródano o el Rin sean solamente abstracciones lógicas, objetos sin realidad (*). Desde este punto de vista, por lo tanto, la historia del mundo inorgánico se acerca ya a la historia de los seres vivos por una de las características más sobresalientes, aunque no sea por el carácter más fundamental. Ahora bien, dicho carácter exige evidentemente el concurso de dos condiciones. Es preciso, en primer lugar, que las sustancias materiales que entran en la esfera de la individualidad o que salen de ella, lo hagan utilizando esa modalidad de los cuerpos que llamamos fluidez. Es necesario, además, que el mundo físico haya adquirido, en algunas de sus partes, un orden, una disposición, una economía que nos recuerde el orden y la economía de las funciones vitales (aunque, sin duda, el principio sea distinto), o que, por lo menos, parezca encaminarnos hacia ella. Las aguas salvajes (eaux sauvages) como se las llama, es decir, todavía no dirigidas, de acuerdo con la tendencia general de los fenómenos cósmicos al orden y a la regularidad, no serían adecuadas para sugerirnos la idea de ese modo de individualidad que llamamos cosmológico.

186. La idea de especie y los diversos principios de clasificación encuentran su aplicación, a la vez, en las ciencias físicas y en las ciencias cosmológicas. Algunas veces, como cuando se trata de compuestos químicos, la clasificación es consecuencia inmediata y necesaria de la definición científica o de la fórmula que la expresa; en cambio, si se tratara de objetos tales como metales u otros cuerpos que en el estado actual de nuestros conocimientos llamamos simples, las analogías con cuya ayuda se formulan los géneros o los grupos de orden superior pueden ser más o menos estrechas, pueden parecer, con mayor o menor probabilidad, accidentales o esenciales, de manera que no permiten siempre una distinción bien neta entre las clasificaciones verdaderamente fundadas en la naturaleza y la razón de las cosas y las clasificaciones artificiales y sistemáticas. Pero cuando tratamos grupos que todos concuerdan en considerar como perfectamente naturales (como el grupo de los radicales químicos «halógenos»: fluor, cloro, bromo, iodo), no ponemos ya en duda la existencia de alguna relación oculta,

(*) «Essai...», cap. XI, Nº 158.

inmutable, como toda ley física, que explicaría por la «constitución permanente» de dichos objetos, sus afinidades naturales, exactamente del mismo modo que la teoría explica las afinidades naturales que presentan todos los carbonatos y todos los sulfatos. Por otra parte, esas clasificaciones de objetos físicos, como las de objetos que sólo tienen una existencia geométrica o ideal (46), no se oponen a que un mismo objeto figure en clasificaciones diversas, fundadas todas en la naturaleza y razón de las cosas y cuyas claves serían diferentes; por ejemplo, que el sulfato de sodio figure a la vez en el género de los sulfatos y en el género de las sales a base de sodio.

Si se trata de objetos considerados en su modo de existencia cosmológica, tendrá que admitirse que las afinidades naturales tienen su fundamento en la identidad o paridad de las circunstancias de su origen. Así, los grandes planetas Júpiter, Saturno, Urano, de rotación rápida, que poseen achatamientos muy pronunciados y están escoltados por varios satélites, forman un grupo natural, mientras que los numerosos planetas telescópicos, comprendidos entre la órbita de Júpiter y la de Marte forman otro; y para ambos grupos suponemos que la asociación natural (el epíteto «racional» chocaría en este caso) tiene su causa en las condiciones iniciales bajo cuyo imperio se ha operado la formación o génesis de esos grupos planetarios. Igual observación se aplicaría a las clasificaciones geológicas de las rocas o de los terrenos. También de este modo, la cosmología nos encamina hacia las ideas que deben prevalecer en la concepción de las relaciones naturales que unen entre sí los seres organizados.

Todas estas distinciones no dejan de tener algunas sutilezas que hay que admitir para prepararse, precisamente, a distinciones más delicadas en el análisis de los fenómenos del mundo orgánico. Así la palabra «formación» no debe engañarnos y hacernos confundir las condiciones de una experiencia destinada a revelar leyes permanentes, con las condiciones de la génesis de los objetos cósmicos. Por ejemplo, los físicos han observado que la diversidad de las formas secundarias que puede presentar una misma especie cristalográfica (formas que a pesar de ello se relacionan con un mismo sistema cristalino, y pueden considerarse todas derivadas de la misma forma primitiva) dependen de las circunstancias de la cristalización, de la temperatura y la naturaleza del medio que contiene la materia cristalizable en solución. Son éstas las circunstancias de formación, si se quiere, pero de una formación estudiada desde el punto de vista teórico y no histórico, para formular una ley general, y no para dar cuenta de las particularidades accidentales que presenta en algunos de sus escondites la estructura del mundo.

Las clasificaciones puramente físicas comprenden, con igual derecho, las combinaciones que encontramos ya dadas en la Naturaleza, las que sólo hemos visto realizadas hasta ahora con la ayuda de nuestras experiencias de laboratorio, y aun aquellas cuya existencia concebimos como posible, aunque no las hayamos realizado todavía. No ocurre lo mismo con la clasificación de los objetos que sólo tienen importancia científica desde el punto de vista cosmológico, y nada indica mejor este contraste que el ejemplo de las especies mineralógicamente definidas, enfrentadas a las rocas o agregados naturales de minerales, que son también susceptibles de distinciones específicas, pero cuya descripción y clasificación sólo interesan al geólogo. De vez en cuando se descubren nuevas especies mineralógicas, y, sobre todo, se fabrica sin cesar en los laboratorios especies que son nuevas, ya por su composición química, ya por el modo de cristalización. Podemos concebir un sistema ideal, una serie o cuadro de todas las especies minerales posibles, cuya comprensión y expresión en una fórmula adecuada sea objeto de la atención de los mineralogistas, sea el esquema que persiguen, haciendo abstracción de las particularidades accidentales que ofrecen o sustraen a nuestra consideración, dando a unos y rehusando a otros, la existencia cosmológica. Pero, ¿quién pensaría en un esquema de todas las rocas posibles? Nos contentamos, con toda razón, con describir y clasificar todas las rocas existentes. Estas observaciones y otras análogas, encuentran su aplicación, a la vez más delicada y más importante, cuando se trata de seres dotados de organización y de vida.

187. La idea de tipo está íntimamente relacionada con la de género y especie, y la utilizamos también a propósito de objetos dotados de existencia física o cosmológica. La invocamos con preferencia cuando la agrupación genérica depende, manifiestamente, de un carácter formal, y que las especies se distinguen entre sí por la sustitución de una sustancia por otra. La química moderna abunda en ejemplos de cuerpos cuyas fórmulas químicas son las mismas, que gozan, en consecuencia, de propiedades singularmente análogas y que sólo difieren unos de otros porque a uno de los átomos o grupos atómicos los «sustituyen» otros dotados de propiedades análogas. Entonces se podrá decir, indiferentemente, que tal cuerpo pertenece al género de los alumbres, de los éteres o alcoholes, o bien que es un ejemplar del tipo de los alumbres, alcoholes o éteres. En tal caso, el descubrimiento de un tipo nuevo hace

prever inmediatamente la realización posible, o aún fácil, de varios otros ejemplares del mismo tipo.

Observábamos hace un momento que el mismo cuerpo puede ser considerado como perteneciente a varios géneros que tienen derecho, y a veces el mismo derecho, a ser calificados como géneros naturales. La idea de tipo difiere aquí de la idea de género, porque ciertamente es imposible concebir que un mismo cuerpo sea constituído sobre dos tipos diferentes a la vez; puede ser un éter o un alcohol, pero no un alcohol y un éter al mismo tiempo.

En las ciencias cosmológicas tenemos que recurrir a la idea de tipo, principalmente cuando se trata de comparar dos clases de objetos análogos en ciertos aspectos, pero muy diferentes en otros, sin que haya objetos de constitución intermedia que establezcan el paso de un grupo a otro, y sin que entreveamos las razones por las cuales los intermediarios faltan, como si la Naturaleza se hubiese sujetado voluntariamente a copiar ciertos modelos, ciertos tipos y no otros. Así, en nuestro sistema cósmico, los planetas y cometas, que están igualmente obligados a girar alrededor del Sol, y que obedecen de la misma manera a las leyes de la gravitación, ofrecen en otros aspectos caracteres tan opuestos, que parecería que los unos han sido elegidos expresamente para hacer resaltar los otros; es como si hubiera dos tipos distintos, sin transición de uno a otro, a pesar de que lo que conocemos de las leyes de la materia y del orden del mundo, no sea suficiente para explicarnos la ausencia de semejantes transiciones.

188. Llegamos así a la aplicación física y cósmica de la idea de infinito, sobre la que los metafísicos han disertado inútilmente, por no haber considerado con suficiencia los datos que brinda la investigación científica. Así Kant coloca entre lo que llama las «antinomias de la razón», la contradicción que, según él, resulta de la imposibilidad tanto de imaginar que el mundo es infinito, como de concebirlo limitado en el espacio; en esto, este severo argumentador ha cedido (como lo había hecho antes que él, el genio austero de Pascal), a una inclinación por la antítesis, a una engañosa apariencia de analogía o de simetría, tan adecuadas para extraviar los espíritus especulativos. En este punto, no dudamos en retractar la adhesión que habíamos dado en otra parte, por error, a la fórmula de Kant (*). El infinito bien vale la pena de que se le examine atentamente, y que confesemos nuestros errores; y en primer lugar, conviene estudiar la cuestión de lo infinitamente pequeño.

(*) «Essai...», cap. X, Nº 145.

La observación, convenientemente interpretada, nos enseña que la división de la materia puede ser llevada hasta un extremo que asombra nuestra imaginación, sin que la razón encuentre en ello ningún misterio (157). En cuanto al problema de la divisibilidad de la materia hasta el infinito, obstáculo de la vieja escolástica, debe ser suprimido definitivamente, de la filosofía natural. El conflicto filosófico se establece hoy netamente, entre el atomismo y el dinamismo, como lo hemos explicado en los capítulos VIII y IX de este libro. Ahora bien, en el sistema del atomismo queda perfectamente claro que la materia solamente permite una división limitada; y si la materia no es más que un fenómeno, una apariencia, como lo entienden los dinamistas, es inútil examinar si una apariencia puede o no ser divisible al infinito.

Pero en el sentido cosmológico, la cuestión se presenta bajo un aspecto que merece ser examinado. En efecto, nada iría contra la razón si la observación, al penetrar cada vez más en el mundo microscópico, encontrara una disposición y fenómenos perfectamente comparables, aunque en escala diferente, a la disposición y fenómenos del mundo visible, y aun a la disposición y fenómenos del mundo telescópico. En esta hipótesis que nada tiene, repetimos, de contraria a la razón, la fuerza de la analogía nos llevaría a admitir que nada limita ese encaje de los mundos unos en otros, y que desde este punto de vista nos encontramos intercalados en una serie que tiene su punto medio en todas partes y sus extremos en ninguna.

Ahora bien, a pesar de ciertos elocuentes discursos, la observación y la ciencia desmienten positivamente esa hipótesis, que de otro modo la razón no desecharía. A cada escala de tamaño o más bien de pequeñez, (puesto que en ese momento suponemos que vamos de lo más grande a lo más pequeño) corresponden fenómenos de un orden determinado y no otros. No se ven cristales gruesos como planetas o montañas, y por mucho que aumentemos el poder de nuestros microscopios, nada encontramos en un cristal o en una gota de agua que se parezca a un sistema planetario, así como no encontramos entre los vegetales o animales microscópicos, miniaturas de encinas, palmeras, elefantes o ballenas. Los fenómenos de ondulaciones luminosas, los fenómenos capilares, los fenómenos químicos, tienen sus respectivas escalas, diferentes unas de otras, que no se interfieren unas a otras, y no se reproducen periódicamente una después de otra, como sería necesario que ocurriera en la hipótesis de un encaje indefinido de los fenómenos cósmicos. Y la consecuencia que debe extraer la razón es que, de hecho, la serie es limitada y que hay un punto de partida, un comienzo de la pequeñez desde el punto de vista de la estructura del mundo, y de la estructura-

ción de los fenómenos cósmicos unos sobre otros. Poco importa que podamos o no imaginar en nuestro cerebro, que no ha sido construído para ello este grado de extrema pequeñez que debe ser punto de partida de los fenómenos cósmicos; la razón concibe sin esfuerzo su existencia, como hubiera podido concebir sin dificultades, a pesar de lo que dice Kant, la no-existencia de la hipótesis contraria si la observación científica se hubiese prestado efectivamente a esa hipótesis del encaje indefinido.

189. Lo que la observación destruye para lo infinitamente pequeño, es precisamente lo que establece o tiende a establecer para lo infinitamente grande. Y en primer término, sostenemos que la razón no tiene dificultades en admitir, tanto que el mundo es infinito, como que es limitado en el espacio, sin perjuicio de inclinarse, según los datos de la observación científica, hacia una u otra de estas tesis. Cuando la Inquisición, a fines del siglo XVI hizo quemar en Roma a Giordano Bruno, en parte por haber sostenido la tesis de la infinitud del mundo en el espacio, castigaba cruelmente una opinión que ya había sido considerada como una locura en casi todas las Universidades de Europa; y en efecto, desde el momento en que se consideraba a la tierra como fija en el centro del mundo y a las estrellas como atadas a una bóveda de cristal, se seguía necesariamente que el mundo es limitado en el espacio. Y ésto, en sí, no tenía nada que fuese contrario a la razón, nada que el mismo Bruno no hubiese admitido de buen grado, precisamente si no hubiese sido un ferviente partidario de Pitágoras y Copérnico. Pero para no tomar de teorías y creencias caducas el ejemplo que debe hacer más gráficas nuestras observaciones, permítasenos una suposición, a saber, la de que la Naturaleza nos hubiese ocultado el conocimiento de las estrellas fijas, ya alejando a distancias todavía mayores esos objetos que están colocados a distancias tan prodigiosas de nosotros, ya modificando la energía del principio luminoso o las condiciones de nuestra sensibilidad óptica. Habría entonces que tachar un capítulo entero de nuestros tratados de astronomía, el que trata de la «astronomía estelar», tema tan hermoso, tan rico y todavía tan nuevo; pero todos los demás capítulos que estudian la estructura y movimientos de nuestro sistema solar no dejarían de subsistir por eso. En realidad, si los observadores no hubiesen tenido en la bóveda celeste esos puntos de referencia que llamamos estrellas fijas, les hubiese sido muy difícil instituir métodos de observación adecuados para conducirlos al conocimiento de las leyes que rigen nuestro sistema solar o planetario; sin embargo, estas dificultades no serían absolutas y lógicamente insuperables, como tendrían que ser para que nuestra hipótesis no pudiera ser admitida, ni aun a

título de concepción lógica. Sería necesario más paciencia, mayor sagacidad para ir desde los movimientos aparentes y relativos a los reales y absolutos, pero a pesar de todo, una inteligencia superior lograría resolver este problema. Además, la observación de las leyes que rigen los mundos particulares de Júpiter y Saturno, sugeriría la idea de extender y aplicar esas leyes en mayor escala al sistema solar y planetario. Una vez que tuviésemos conocimiento de la constitución del sistema solar, podría creerse fundadamente que se conoce el mundo entero, porque aunque se hicieran grandes perfeccionamientos en los instrumentos óptimos, no podríamos percibir nada más allá. El descubrimiento de un planeta apenas visible a simple vista, como Urano, el de un planeta completamente invisible, como Neptuno, podrían sugerir la idea de que los límites del mundo astronómico tendrían la posibilidad de alejarse sucesivamente, pero como, por otra parte, se vería que el intervalo entre una órbita y otra aumenta rápidamente a medida que se trata de planetas más alejados del astro central, se comprenderá que debe haber un límite a esta especie de rarefacción de las órbitas, como existe un límite a la rarefacción de las atmósferas. El mundo material podría entonces concebirse como limitado a la manera de nuestras atmósferas planetarias o de la luz zodiacal, sin que pueda fijarse precisamente ese límite. Tendría todos los caracteres de unidad sistemática que satisfacen a la razón. Más allá estarían las soledades del espacio, es decir la nada; y en vano nos preguntaríamos por qué el sistema del mundo se encuentra en tal lugar del espacio y no en tal otro: como el centro del espacio indefinido está en todas partes, sería el caso de contestar, con Leibnitz, que el sitio del mundo limitado sería siempre el mismo, cualquiera sea el lugar en que lo supusiéramos colocado. Así pues, la concepción de un mundo limitado podría ser natural, lógica y no ofrecería ni misterios ni contradicciones para la razón. A lo sumo, sugeriría algunas argucias escolásticas que los sabios y los verdaderos filósofos desdeñarían.

190. Devolvamos ahora al hombre el magnífico espectáculo del cielo estrellado, y armémosle de los poderosos instrumentos que, manejados por hombres como Herschel y Struve, trajeron descubrimientos tan admirables en el campo de los espacios sin fin. Todo adquiere entonces un aspecto diferente; nuestro sistema solar no es más que un átomo: los soles y los mundos se agrupan como islas y archipiélagos en un océano sin límites. Descubrimientos sucesivos, en una serie que nada parece detener, conducen casi irresistiblemente a afirmar que la serie no se detiene jamás, y que el mundo es infinito como el espacio. Pero ¿en qué puede esta conclusión chocar contra la razón?

Nuestra imaginación no puede representarse un mundo infinito como no puede representarse un espacio infinito; esto es innegable, pero ¿qué tienen de común los fantasmas de la imaginación y las concepciones de la razón? La razón que no tiene ninguna dificultad en concebir un espacio infinito, lugar de cuerpos posibles y teatros de fenómenos físicos posibles, no tiene tampoco dificultades en admitir la realización de todas estas posibilidades, en todos los casos en los que el testimonio de la observación y la fuerza de las inducciones la obliguen a admitirlo. Ahora bien, los progresos de la astronomía estelar dan una gran fuerza a la inducción que nos hace creer en la infinitud del mundo en el espacio. El punto de los espacios estelares en el que está situado nuestro sistema solar, nada ofrece que lo singularice; el grupo estelar al que pertenece, nada tiene de particular: «Unis è multis». Nada anuncia un orden sistemático alrededor de un centro dado, como en el caso de nuestro sistema planetario. La razón concibe que debe ser así, si efectivamente el mundo no tiene límites en el espacio, si todas las combinaciones se formaron libremente en este campo sin límites, y si la raza inteligente a la que pertenecemos se encuentra accidentalmente colocada en un determinado punto del espacio con preferencia a otro, para observar las apariencias que dependen de su posición y discernirlas como mejor pueda.

En resumen, pues, la famosa cuestión de la infinitud del mundo en el espacio, implica una solución razonable y a pesar de nuestra preferencia por una simetría, que es sobre todo favorable al efecto oratorio, la solución es opuesta según se trate de lo infinitamente grande o de lo infinitamente pequeño. No podría encontrarse un ejemplo más claro de un problema de filosofía resuelto a consecuencia del progreso de las ciencias; porque es evidente que antes del descubrimiento del telescopio y del microscopio y antes de los progresos científicos que fueron consecuencia de este doble descubrimiento, se podría decir todo lo que se quisiera sobre este problema, mientras que hoy, sólo existe una manera razonable de interpretar, según las leyes de la inducción, los hechos adquiridos por la ciencia.

131. Muy distintas son las condiciones de la inteligencia humana, en lo que respecta a la infinitud del mundo en el tiempo, y este nuevo contraste entre la idea de espacio y la de tiempo, viene a agregarse a los que ya hemos señalado (24 y 53). Todo lo que se refiere al orden del tiempo, pertenece esencialmente al dominio de la razón pura. No tenemos necesidad de inventar ni de emplear ningún aparato, ningún instrumento de observación, para comprender que no hay movimiento ni fenómeno físico que no tenga el número de fases correspondientes a los elementos

de tiempo, por pequeños que los supongamos. Esto, en cuanto a lo infinitamente pequeño. Y, por otro lado, si la razón puede, siempre que no haya observaciones contrarias, concebir un mundo limitado en el espacio, no puede concebirlo del mismo modo, como limitado en el tiempo, sin tropezar contra una regla del espíritu humano, la que le obliga a considerar inmutables las leyes físicas, indestructible la sustancia de los cuerpos, y sus propiedades fundamentales dependientes de caracteres indelebles. Porque no se trata todavía de las leyes que presiden la aparición y el desarrollo de las especies vivientes, ni de saber si las manifestaciones de la vida están o no encerradas en una porción limitada de la duración. En consecuencia, salvo esta restricción, todo comienzo y toda terminación de los fenómenos cósmicos, deben ser considerados como colocados fuera de los hechos naturales. Queda por saber cómo concebimos que tal o cual orden haya podido introducirse en una serie de fenómenos cósmicos, sin comienzo y sin fin, lo que da lugar a lo que se llama el problema del origen en las ciencias cosmológicas; vamos a abordar este tema en el capítulo siguiente que terminará el libro segundo.

Capítulo XII

De las cuestiones de origen en las ciencias cosmológicas. De las ideas de orden, armonía, finalidad y belleza, en su aplicación a los fenómenos cósmicos.

192. Por el hecho de que las ciencias físicas tienen como objeto esencial, nada más que propiedades y leyes concebidas como permanentes e indelebles, se deduce que no tropiezan con ninguna dificultad en el problema del origen. En verdad, la Escuela posee un argumento célebre para probar que por no tener nada que sea necesario, la materia y sus propiedades implican la existencia de un ser necesario del que emanan o por el que subsisten; pero no entra en nuestro plan retomar tesis metafísicas u ontológicas que no atañen a la filosofía de las ciencias, que el progreso de las ciencias no obliga a plantear y que, por otra parte, siendo accesibles solamente para algunos espíritus especulativos, no han ejercido nunca una influencia sobre la formación y el curso de las opiniones y creencias que han reinado entre los hombres. ¿De dónde sacan los hombres las ideas que se forman acerca de una Inteligencia superior al mundo, que regula y ordena todas las cosas con una sabiduría y bondad infinita? Evidentemente, del espectáculo del orden del mundo, sobre todo de las maravillas de la organización de los seres vivientes y más particularmente, en fin, de todo lo que conocemos, en nuestra calidad de seres morales, de las leyes del orden moral. Suprímase todo esto y figurémonos un hombre de ciencia que sabe geometría y álgebra, mecánica y física, química y mineralogía, pero que del mundo sólo conoce su laboratorio, que no ha contemplado jamás el cielo, ni hojeado un libro de astronomía, que se ocupa mucho menos todavía en observar y estudiar los resortes de la vida, y que tiene la desgracia de no haberse preocupado en ningún momento en reflexionar sobre su naturaleza moral; ¿puede creerse que a un hombre semejante, si es que existe, le asombrarán los argumentos escolásticos que se pretendería deducir de la contingencia de la materia y del movimiento? ¿No verá en las matemáticas, en primer lugar, relaciones y leyes cuya necesidad comprende y demuestra; luego en la mecánica racional principios generales que para algunos son simples datos de la experiencia, mientras que otros los colocan entre las verdades necesarias y que tienen, en efecto, como creemos haberlo establecido en el capítulo IV del presente libro, un carácter mixto, no siendo ni axiomas de matmática pura, ni verdades efectivamente establecidas por series de experiencias como las que instituyen los físicos? Prosiguiendo esta revisión, ese sabio que imaginamos vería en la teoría de la gravitación universal, leyes, cuya forma matemática deja entrever, aunque no captar completamente, la razón matemática y, en consecuencia, la necesidad; de donde tendería muy naturalmente a inducir que bastaría restituir ciertos datos que nos faltan, o llevar más lejos nuestras investigaciones para encontrar la razón y demostrar la necesidad de las leyes más particulares, y en apariencia más contingentes de la física, y de las que, en el estado actual de nuestros conocimientos, se nos presentan solamente como datos de la experiencia. En todo caso, y aun suponiendo que concibiera la necesidad de recurrir a otro principio de las leyes observadas, no tendría ninguna razón para admitir que la acción de este principio haya debido tener un comienzo en el orden del tiempo. Así, pues, las ciencias físicas, cuidadosamente distinguidas, como deben serlo, de las ciencias cosmológicas, pueden ofrecer muchas dificultades que dependen de la esencia y del principio de las cosas y de las leyes de las que se ocupan, pero no ofrecen dificultades que dependan de problemas de origen o génesis. Es tarea de la crítica filosófica hacer un buen inventario y un catálogo metódico, tanto de los casilleros vacíos como de los casilleros llenos, de los desiderata de la ciencia, como de sus riquezas, y marcar el punto preciso en el que comienza cada laguna, lo mismo que el punto exacto en que se inserta cada rama del árbol de la ciencia.

193. Vayamos, pues, al grupo de ciencias cosmológicas que obligan, en efecto, a la razón humana a sondear misterios de los que no tiene por qué ocuparse necesariamente en el orden de las ciencias físicas, ni tampoco en el orden de las ciencias matemáticas. En efecto, la concepción de una serie de fenómenos cósmicos, sin comienzo y sin fin, la única racional y filosóficamente discutible (191) se presenta en el estado actual de la ciencia bajo dos formas, cada una de las cuales merece ser examinada

En primer lugar, la serie puede prolongarse indefinidamente sin manifestar ninguna tendencia a adquirir un ritmo regular y definitivo. Supongamos un cometa que describe una serie de arcos hiperbólicos y que prosigue indefinidamente su marcha a

través de los espacios celestes, sufriendo la atracción, ya de un sol, ya de otro, pasando (como podemos suponerlo) por alternativas de temperaturas extremas que traen los mayores cambios en la constitución de las materias ponderables de las que está formado, pero sin que las repeticiones de las mismas alternativas estén sometidas a ningún período regular; el observador, para quien el mundo se reduciría a este cometa, tendría la idea de una serie de fenómenos cósmicos de la categoría de los que consideramos en este momento. No es sobre un mundo así gobernado, sobre el que razonan nuestros filósofos; sin embargo, aun en el mundo que nos es familiar, hay ejemplos de series semejantes; la meteorología, sobre todo, nos ofrece varios ejemplos. Años cálidos o secos suceden a años fríos o húmedos; la atmósfera durante mucho tiempo permanece tranquila o agitada; ciertos vientos predominan sucesivamente; los hielos polares avanzan o se alejan; las corrientes magnéticas del globo se desplazan; las auroras boreales, los temblores de tierra, las erupciones volcánicas aparecen a intervalos más o menos breves; en los espacios celestes aparecen más o menos frecuentemente los bólidos, cometas, estrellas nuevas, sin que hasta ahora hayamos logrado captar ninguna ley ni percibido ningún rasgo de regularidad en la sucesión de estos diversos fenómenos. Si no hubiera más que fenómenos semejantes, sería muy natural admitir que la serie, actualmente irregular, ha ofrecido y ofrecerá siempre este carácter de irregularidad. Y como las leyes de la física no por eso dejarían de tener para nosotros el triple carácter de simplicidad, constancia y regularidad, habría que deducir que los hechos o datos de la cosmología sobrepasan por todos estos aspectos las leyes de la física; que son el elemento contingente o fortuito de la constitución del mundo, elemento sobre el cual la teoría, la ciencia propiamente dicha, no tiene ninguna acción.

194. Pero en vez de esto, la observación atestigua que los fenómenos cósmicos más aparentes, más imponentes, más generales tienen un carácter de constancia o de regularidad periódica que los antiguos explicaban por una pretendida necesidad de naturaleza, incompatible con la noción que actualmente tenemos de los atributos de la materia, y del modo de acción de las fuerzas motrices (80). La ciencia nos enseña que el orden actual no ha existido siempre y que fenómenos que hoy son regulares, permanentes o periódicos, han debido ser llevados gradualmente hasta este estado de regularidad, permanencia o periodicidad. Solamente podemos explicarnos los hechos observados, según las leyes de la mecánica y la física, distinguiendo: 1) un «período caótico», de duración indefinida, «a parte ante», durante el

cual los fenómenos se habrían sucedido sin ley regular, hasta la aparición de una combinación que se prestara a un comienzo de formación de ese orden regular, por el juego de fuerzas internas y las reacciones mutuas entre los diversos elementos del sistema; 2) un período que puede llamarse «genético», durante el cual el sistema se acercó gradualmente a las condiciones finales de estabilidad, permanencia o regularidad a las que debía llegar finalmente; 3) y un período «final», de duración indefinida «a parte post», a menos que causas ajenas al sistema, y cuya existencia no tenemos cómo presentir, vengan a destruir su orden y economía. El comienzo del período de estabilidad no es igual para todas las cosas. La superficie del globo terrestre ofrecía todavía la imagen del caos cuando ya, desde hacía muchos miles de siglos, nuestro sistema planetario estaba constituído en las condiciones de estabilidad que la rigen actualmente; y parecería que, en la inmensidad de los espacios estelares, se encuentran todavía actualmente soles y sistemas solares recién esbozados.

He aquí el esquema o regla formal a la que debe o deberá conformarse necesariamente toda explicación de los fenómenos del mundo físico, exclusivamente por los principios de las matemáticas o de la física, en caso que sea posible o se hiciera posible dicha explicación, como consecuencia del progreso de nuestros conocimientos. Es en conformidad con esta regla que han tenido y que tendrán lugar las explicaciones parciales si, como es lícito suponer, la explicación completa se nos escapara siempre. A decir verdad, nuestras ciencias no han avanzado todavía lo suficiente como para que pueda darse una explicación científica completa sobre ningún punto de cosmología, utilizando nada más que los principios de las matemáticas y de la física, y que dicha explicación haga evidentemente superflua la idea de recurrir a otro principio de coordinación. Ha sido suficiente, por ejemplo, que los valores fijados a los elementos de las órbitas de los planetas se encuentren, en una época cualquiera, comprendidos entre ciertos límites, para que el juego de las reacciones del sistema asegurara, desde entonces, su estabilidad; pero, además, habría que establecer que el agotamiento de las combinaciones fortuitas e inestables, durante un tiempo indefinido, ha debido traer verosímilmente una de las combinaciones que las reacciones del sistema pueden luego hacer estable, tal como la que observamos. ¿Recurriremos, como Laplace, a la hipótesis de una distribución primitiva de la materia planetaria en anillos cuyos residuos habrían formado los planetas actuales? Habría entonces que probar que el paso de la difusión esporádica a la distribución anular, es una consecuencia necesaria de las reacciones de las partículas materiales, o uno de los modos regulares de

distribución que han debido realizarse, verosímilmente por el paso continuo de un modo de distribución a otro, durante un tiempo que nada limita. Mucho falta todavía para que la ciencia esté en condiciones de abordar y, con más razón, resolver todos estos problemas, aunque sólo exijan la aplicación de los principios de la sintáctica, la geometría y la física.

195. Así, pues, no estamos todavía autorizados, por la invención de una génesis puramente matemática y física, a desterrar a Dios de la explicación del mundo físico «como una hipótesis inútil», según la insolente observación atribuída a un gran geómetra. Por otra parte se notará claramente, sin que tengamos que decirlo, que no se trata todavía del mundo en el que circula la vida, en el que la organización despliega sus maravillas y que pueblan criaturas inteligentes, sino solamente del armazón o esqueleto del mundo o, si se quiere, de un mundo desierto, árido y silencioso, tal como nos representamos, según el conjunto de las observaciones hechas, el globo que es satélite de nuestro planeta, desprovisto de mares, de atmósfera, de todo lo que es o nos parece ser la condición esencial del desarrollo de los organismos vivos. Admitiendo que sea suficiente el juego de las fuerzas ciegas de la mecánica para la explicación de un mundo semejante, quedarían todavía maravillas suficientes en apoyo de la tesis que invoca un principio de coordinación inteligente, y los argumentos deducidos del orden moral conservarían toda su fuerza.

Pero, mientras la explicación buscada no se haya encontrado, junto a la presunción de una explicación científica posible, que hará surgir el orden de la confusión, la armonía de la concurrencia fortuita, la unidad sistemática de la diseminación esporádica de los elementos, en virtud de reacciones mutuas de esos elementos y por el agotamiento previo de todas las combinaciones transitorias en la infinitud del espacio y de la duración antecedente, junto a la presunción de semejante explicación científica, decimos, se mantendrá siempre la creencia en un principio superior de orden, armonía y unidad, cuyos fenómenos y leyes que podemos estudiar científicamente, no son más que emanaciones o manifestaciones, ya que él mismo escapa a toda percepción sensible, a toda investigación científica. Esta creencia se mantendrá, ya se relacione a dogmas y a un símbolo religioso, ya se desprenda de ellos y esté relacionada solamente a un juicio de la razón, aplicada a la contemplación de las maravillas de la Naturaleza misma.

196. En efecto, para quien no crea en la posibilidad de explicar mecánicamente, ya si no el mecanismo del mundo, por lo menos el origen y las condiciones iniciales de este mecanismo, habrá que recurrir a otros términos de comparación, a otros principios, a otras claves o sistemas de explicación. La Naturaleza exterior y la constitución de nuestra inteligencia no nos ofrecen más que dos, entre los cuales hay que elegir.

O bien asimilamos el principio que ha producido en el origen, la coordinación de los fenómenos del mundo físico, con el que opera (por una virtud instintiva absolutamente incomprensible para nosotros, pero que los hechos nos obligan a admitir), la maravillosa coordinación de los organismos para el cumplimiento de los fenómenos de la vida; es lo que el poeta expresa con estas palabras «Spiritus intus alit... Mens agitat molem». Es la idea del Μέγα Ζῶον del alma del mundo; es la creencia panteísta, porque, por otra parte, es claro que esta concepción filosófica y trascendente, nada tiene de explicación científica, nada que la observación confirme o que haga probable, ya que, por el contrario, los progresos de la observación científica, siempre tienen por resultado mantener una separación neta entre el orden de los fenómenos puramente físicos y el orden de los fenómenos vitales.

O bien, desechando la idea del animismo del mundo y las comparaciones tomadas del reino orgánico de la Naturaleza, pasamos al hombre y tomando nuestros términos de comparación en su naturaleza intelectual y moral, nos elevamos a la idea de un artesano personal y divino, concebimos un poder providencial cuyos atributos y obras sobrepasan infinitamente el poder, la previsión y las obras del hombre. Es esta otra creencia que no tiene ni puede tener (no más que la precedente, pero no menos que ella), los caracteres de una explicación científica y que, sin embargo, en cuanto concepción filosófica y trascendente, no deja (ni aun en las épocas de debilitamiento de las creencias religiosas), de mantener despierto el pensamiento humano y de provocar algunos impulsos de entusiasmo.

Preferir la segunda explicación a la primera, lleva a explicar los fenómenos vitales mismos por medio de disposiciones tomadas por un obrero inteligente; filosóficamente, esto equivale a subordinar el principio de la vida, principio que comprendemos tan poco, al principio de la inteligencia, del que tenemos en nuestra calidad de seres inteligentes, una percepción más inmediata y más clara.

Optar por la primera explicación, con preferencia a la segunda, equivale a subordinar el principio de la inteligencia al principio de la vida, a no ver en los fenómenos intelectuales más que una manifestación completamente particular y especial de una energía que se manifiesta bajo tantas otras formas en los organismos vivos.

Todas estas observaciones, bien lo sabemos, deberán recon-

siderarse cuando la continuación de nuestra síntesis nos lleve a tratar especialmente la vida y la inteligencia, las concepciones tanto filosóficas como religiosas que nuestro conocimiento, tal cual, de los fenómenos vitales e intelectuales despierta en el espíritu humano.

197. Los hombres siempre consideraron que el mundo, en su conjunto, ofrecía en alto grado los caracteres de la belleza (*). En el mundo, no admiramos solamente el adorno que son para nuestra tierra los vegetales que la recubren, las formas tan variadas de su organización, sus colores tan suaves o tan brillantes; no nos asombran y atraen únicamente las formas, más variadas todavía, ya nobles, ya gráciles, que nos ofrecen las innumerables tribus de seres animados; el espectáculo de la bóveda estrellada, de las nubes que el sol dora y que surca el relámpago, del mar tranquilo o amenazador, de los picos desnudos y de las cúpulas de hielo, de las cascadas y los torrentes, inspira al poeta, encanta a toda alma sensible y atestigua una belleza unida a los grandes rasgos del mundo físico, belleza que, a pesar de no ser sentida, no por eso dejaría de subsistir, aun cuando se secara en la superficie de nuestro planeta la fuente de la vida, que es también la de nuestra sensibilidad. Es necesario, sin embargo, que nos expliquemos esas impresiones en cuanto filósofos y no en cuanto poetas, para diferenciar lo que es el carácter inherente al objeto que nos impresiona, y lo que depende de nuestra sensibilidad. Limitémonos a las impresiones recibidas por los sentidos de la vista y el oído, puesto que son casi los únicos que pueden darnos una idea de lo bello en el mundo físico, y aún en la naturaleza viviente.

198. Hay, en los objetos exteriores formas, contornos, colores, perspectivas, que no dependen de la especificidad de las impresiones producidas en nuestro ojo por los rayos luminosos. Si contemplo en un grabado un paisaje alpino o una vista marítima, no necesito, para encontrar bellezas, restituir por la imaginación el azul del cielo, el tono de las aguas, el tinte de los granitos y glaciares. El cuadro gustaría más, sin duda, pero es hermoso sin este adorno; y el arte, en la variedad de sus procedimientos, habrá operado precisamente el análisis que reclama la filosofía; habrá distinguido la belleza que reside en los objetos mismos, de la que agrega nuestro modo de sensibilidad. En vez del dibujo o grabado, supongamos dos cuadros de un mismo sitio, a la misma hora del día, hechos por

(*) «Essai...», cap. XII, N° 175.

pintores que tienen cada uno de ellos un «color» o una gama cromática diferente, ninguna de las cuales es precisamente la de la Naturaleza; cada uno de esos cuadros tiene su género de belleza; las bellezas que les son comunes son las que no dependen del color o de la gama cromática, y así el mismo análisis se encuentra realizado por un artificio diferente.

Vayamos ahora más lejos. Los colores no existen en la Naturaleza, en el sentido de que no hay en ella, en ausencia de una retina sensible, sensaciones de blanco o verde, por ejemplo; pero, sin embargo, la armonía, el contraste de las sensaciones, depende de las armonías y de los contrastes que presentan los rayos luminosos considerados en sí mismos, en su constitución física y antes de todo fenómeno fisiológico, tanto que los físicos han considerado, con razón, como un capítulo de óptica y reinvindicado para su dominio propio lo que atañe a las armonías y contrastes de colores. Así, entre las bellezas del mundo físico, el adorno mismo de los colores es una belleza cuyo fondo le pertenece, y que no le prestamos, a pesar de que tengamos una manera de sentirla que nos es propia y que no podamos sentirla tal como es, sino solamente concebirla por un esfuerzo de la razón. Así, pues, el arte divino consiste, en primer lugar, en haber adornado el mundo físico de bellezas que le pertenecen por entero, luego de haberlo dispuesto de manera que suscita, además, el sentimiento de otras bellezas, que nacen de las relaciones que se establecen entre las armonías del mundo físico y la constitución de nuestra propia sensibilidad.

Lo mismo podríamos decir de las impresiones que nos vienen del sentido del oído. El ruido de las olas, el fragor de la catarata, el estrépito del trueno tienen su belleza imponente, y esta belleza es una belleza cósmica, a pesar de que la sensación de sonido sólo exista en nuestro oído porque hay una analogía y armonía que puede captarse espontáneamente entre el tipo de la impresión sonora y la agitación externa que es su causa.

199. La poesía que se inspira en la contemplación del mundo físico, no es una poesía completamente sensual: es, sobre todo, una poesía moral, cuyo encanto sentimos únicamente en nuestra calidad de seres morales. Tenemos que admirar ese arte que armoniza previamente las bellezas inherentes al mundo físico, no solamente con las armonías que manifestará más tarde la organización de los seres sensibles, sino también con aquellas que manifestará ulteriormente el desarrollo privilegiado de algunos de estos seres como seres morales. Este tema es inagotable; aquí solamente nos toca esbozarlo. Imaginémonos ese globo inmenso, relativamente inmóvil, alrededor del cual circulan regularmente otros globos dominados por su fuerza avasalladora

y que reciben de él, en cambio, por una irradiación continua, las influencias que desarrolla la continua actividad de los elementos. ¿No hay acaso allí, para todas las inteligencias, el tipo cósmico de ideas de majestad y realeza bienhechora, que pertenecen, sin embargo, al orden moral y que no pueden ser captadas sino por seres morales? Y la razón, ¿no está impulsada a inducir de todas esas armonías que el mismo pensamiento ha decretado a la vez, para desarrollarse en la continuación de los tiempos, el plan del mundo físico y las leyes del mundo moral?

200. Sin embargo, hay que reconocer que si la contemplación de los objetos privados de vida es suficiente para dar a las ideas de orden, armonía y belleza, no lo sería para suscitar la idea de «bien», si no tuviésemos en cuenta, en nuestra calidad de seres vivientes y morales, la adecuación de la estructura del mundo físico a la manifestación y mantenimiento de la vida, a las condiciones de existencia de los únicos seres inteligentes y morales que conocemos. Cuando, según cuenta el escritor sagrado, Dios juzga su obra como buena, ya antes que aparezca criatura viviente alguna, podemos suponer que la aparición de tales criaturas es ya la razón final de sus primeras obras. Las propiedades de los rayos luminosos dan lugar a una variedad infinita de fenómenos bellos, algunos de los cuales jamás se habían reflejado en ninguna retina viviente antes de las búsquedas experimentales de los físicos modernos y que no dejarían de ser hermosos en sí mismos, aun cuando no hubiera ningún ojo abierto para percibirlos, según su modo particular de sensibilidad, aún cuando sólo leyéramos con los ojos del espíritu en las fórmulas algebraicas; la luz es, pues, algo bello, ¿pero sería buena, si el ojo que la recibe no guiara y condujera hacia su fin a un ser sensible, y si no diera al ser moral la idea de otra luz que ilumina las conciencias y revela los destinos más elevados? La belleza es siempre belleza, aun en un desierto en el que nadie la ve; una persona moral no pierde su carácter intrínseco de bondad porque carezca de ocasiones de hacer el bien; pero, ¿en qué consiste la bondad de un objeto físico, que no tiene relaciones más que con otros objetos puramente físicos? ¿De qué manera la tierra puede ser buena para esa escoria volcánica que llamamos luna, o la luna para la tierra, si ésta no tuviera seres vivientes? Nuestras ciencias físicas nos dan, es verdad (lo que, en rigor, podrían darnos ciencias puramente abstractas), la idea de una utilidad científica. Como avanzan con la ayuda, sobre todo, de la observación, es útil que podamos disponer de tales o cuales medios de observación. Es útil que el planeta Venus pase algunas veces sobre el disco del sol, para darnos la manera de determinar con mayor precisión la

paralaje de este astro; también es útil que la luna oculte las estrellas para ayudarnos a calcular las longitudes terrestres, Una materia sólida y transparente como el vidrio, un metal pesado y líquido a las temperaturas ordinarias, como el mercurio, son sumamente útiles para los progresos de la física; pero la idea de utilidad no es la idea de bien, cuya fuente hay que buscar en otra parte.

Así, en lo que respecta a las grandes y fundamentales ideas de verdad, belleza, bien, utilidad, nos encontramos al finalizar este segundo libro exactamente en el mismo punto en que nos encontrábamos al terminar el primero (80). A propósito de tales ideas, lo que sabemos de las propiedades de la materia, y del modo de acción de las fuerzas, y el sistema de nuestras ciencias físicas y cosmológicas construído en consecuencia, nada agregan a lo que podríamos extraer del sistema de teorías puras que tienen como objeto la lógica y las matemáticas. Las ideas de causa, sustancia y origen, adquiridas al pasar de uno de los sistemas al otro, es lo que distingue esencialmente esas dos grandes piedras fundamentales del edificio de nuestros conocimientos.

LIBRO TERCERO

LA VIDA Y EL ORGANISMO

Capítulo 1

De la vida y del organismo en general.

201. Cuando abarcamos en su conjunto la prodigiosa variedad de las formas y funciones propias de los seres vivientes y organizados, captamos tales analogías entre cosas, por otra parte muy dispares, que estamos conducidos inevitablemente a admitir un principio de acción y una ley suprema de donde se desprenden tantas manifestaciones diversas. De allí la idea de VIDA y de ORGANISMO en general.

En primer término, en ninguna parte encontramos vida sin organismo, ni funciones vitales sin un aparato material con cuya ayuda se cumplen esas funciones. Tampoco la observación ni la inducción nos autorizan a afirmar la formación de un ser organizado o de un aparato orgánico sin la influencia de la vida. Las ideas de vida y organismo, de funciones y órganos, por lo menos en lo que respecta al mundo sensible en el que nosotros mismos vivimos actualmente, se implican mutuamente o parecen implicarse, se acompañan y se sirven de sostén recíproco en el orden del tiempo. ¿En cuál de ellos está la razón del otro? Aquí caemos en una ambigüedad muy semejante a la que ofrecían las ideas de fuerza y materia y que aparentemente depende de la misma causa, causa que es inherente al modo mismo de nuestras percepciones. Sin embargo, a pesar de que existe una gran analogía, no hay identidad. Tal pensador, que rechazaría el «dinamismo» (166) y no consentiría en ver en la materia nada más que el *φάντασμα* (fantasma producido por el juego de las fuerzas), se inclinaría hacia el «vitalismo», es decir, tendería a explicar los hechos de la organización por la acción de un principio vital, y no las funciones vitales por la estructura del organismo. En efecto, aun cuando la dificultad metafísica sea la misma en el fondo, la solución del «sentido común» extraída de los hábitos del espíritu, de sus facultades imaginativas y de la naturaleza de los hechos accesibles a la observación, puede ser opuesta, según se trate de cuerpos brutos o de cuerpos vivientes. Para subordinar racional-

mente la idea de materia a la de fuerza, es necesario que, por encima de lo que vemos, tocamos, observamos e imaginamos, captemos lo que no podemos ver, tocar, observar ni aun imaginar. Ocurre precisamente lo contrario cuando se trata de subordinar la idea de vida a la de organización. Hay que suponer, más allá de lo que podemos observar, algo que escapa en absoluto a nuestras observaciones. Porque, mientras vemos claramente en todos los casos observables que la vida se propaga de un ser vivo a otro, y que los órganos no solamente se nutren y crecen, sino que también de algún modo se moldean bajo la influencia de la vida que los anima, de ninguna manera alcanzaremos mediante nuestras observaciones el hecho que se pretende primitivo, de una formación orgánica operada sin el concurso de ningún principio vital y de la que surgiría la vida, únicamente como consecuencia de la disposición de las piezas orgánicas. Por otra parte, aquí no se trata todavía de discutir problemas de origen, ni de examinar si la Naturaleza ha podido o puede todavía, por excepción, proceder contrariamente a sus reglas habituales; se trata por ahora de reconocer que, en el curso regular y habitual de las cosas y ante nuestros mismos ojos, todo organismo se produce por el juego de funciones de un ser vivo, el cual, al producir, comunica al producto la vida que la impregna. Y esto es suficiente para que nuestro espíritu se incline naturalmente a considerar la organización como producto de la vida, más que la vida como resultado de la estructura de un sistema material, convenientemente solicitado por fuerzas puramente físicas.

202. A medida que el ser viviente envejece y que la energía del principio vital parece disminuir, su organismo sufre modificaciones aparentes, pero, en general, esas modificaciones del organismo no nos parecen ser suficientes como para dar cuenta de los cambios sobrevenidos en las funciones vitales; y el encadenamiento de los hechos nos lleva a considerarlas como consecuencia, más que como causa de la alteración de las funciones.

A menudo los fenómenos de la enfermedad y de la muerte son los que nos ayudan a comprender un poco la vida. Ahora bien, no es preciso ser fisiólogo o médico para discernir que, en algunos casos, las enfermedades y la muerte son resultado de perturbaciones producidas en la estructura de los órganos por causas físicas y externas, y obstáculos materiales que se interponen en el cumplimiento de las funciones, en cuyo caso la vida cesa, como consecuencia del trastorno del organismo, y se dice que la muerte es accidental o violenta: el ser vivo ha sido muerto. Pero, más generalmente, se reconoce que la

enfermedad y la muerte tienen, como causa principal el debilitamiento progresivo del principio de vida que no puede reaccionar ya con igual vigor contra las causas externas, ni reponer el orden en el organismo perturbado, ni reparar las alteraciones sobrevenidas. Se expresa esta idea diciendo que, en este caso, la muerte se produce naturalmente, aunque no deje de reconocerse la influencia que han tenido las causas accidentales, físicas y externas, en el adelanto de su fecha.

203. Todos los fisiólogos distinguen entre el estado del germen simplemente organizado y el estado del germen vivificado por la fecundación. En verdad, vemos que el germen orgánico aún fecundado puede, conservando su estructura, guardar la apariencia de un cuerpo inerte, algunas veces durante siglos, hasta que, sin influencia vital externa y únicamente por la excitación de agentes físicos, tales como el calor, la electricidad, la luz, la humedad, se desarrolla y manifiesta la vida de la que está dotado. Pero también vemos que, en los seres vivos más desarrollados, las funciones vitales pueden suspenderse, ya parcial, ya totalmente, y nos creemos autorizados para explicar esas intermitencias por un embotamiento, por un sueño de la vida, más que por una serie, bien extraña, de muertes y resurrecciones alternativas. Esto mismo nos lleva a concluir que la vida se ha conservado en estado latente en el germen, durante una larga sucesión de siglos, en caso necesario, sin que el germen haya jamás cesado de estar vivo. Distinguimos, en consecuencia, entre las alteraciones orgánicas, que no son más que enfermedades del germen y aquellas que lo matan; entre las influencias externas que no hacen más que suspender y embotar las funciones vitales, y aquellas que destruyen su principio.

204. Apurémonos en llegar al argumento más decisivo. El elemento orgánico más sencillo, el glóbulo, la célula, atestiguan ya un plan de estructura y una coordinación de partes que no podríamos explicar mediante el concurso de fuerzas físicas que actúan de molécula a molécula, como las que admitimos para la explicación de las formas de los cuerpos inorgánicos (176). Aún suponiendo que la formación de los elementos de los que hablamos pudiera reducirse a un modo de agrupación atómica o de cristalización «sui generis», nos veríamos detenidos a cada momento, al pasar a formaciones más complejas, a esas evoluciones de las que la embriogenia nos ofrece un cuadro maravilloso. De lo que conocemos de las fuerzas inorgánicas y de las propiedades constantemente inherentes a la materia, nada puede explicarnos semejante evolución, seme-

jante coordinación, tanto en el tiempo como en el espacio (*). Para explicárnoslo (aunque imperfectamente, por cierto) hay que concebir una virtud plástica, una energía vital que presida a la formación misma del organismo, al mismo tiempo que reconocemos que las disposiciones del organismo no dejan de regular y modificar las manifestaciones ulteriores del poder vital y plástico.

295. De allí (en la medida en que nos es permitido suponerlo) la razón de lo que se llama la «ley de las edades», ley fundamental a la que tendremos que aludir continuamente en lo que sigue, y que consiste en la sucesión regular de las fases de desarrollo, madurez, vejez y muerte. En efecto, es propio de la energía plástica y vital el debilitarse, el agotarse por su misma acción (86). El miembro amputado del cangrejo se regenera, pero débil y más pequeño. Los segmentos de la lombriz terrestre se completan, reproduciendo cada uno de ellos un animal entero, pero su organización se va simplificando y degradando por las sucesivas secciones. No es raro que, aún entre los vegetales, los productos de los sucesivos vástagos no ofrezcan en todos los aspectos el mismo vigor que el individuo primitivo. En las especies superiores, en las que sólo se trata de una reproducción de tejidos, y no de miembros o individuos completos, la virtud regeneradora se agota igualmente por una generación demasiado frecuente (**). Por otro lado, ya que las manifestaciones del principio vital están subordinadas a las disposiciones del organismo, no pueden llegar a su plenitud antes que el organismo haya alcanzado una perfección que no puede adquirir de un solo golpe. Hay, pues, una razón que depende del concurso del organismo, para que la manifestación vital sea débil en su comienzo, y una razón extraída de la esencia misma del principio activo para que esta manifestación se apague y se debilite antes de apagarse. Combinemos estas dos causas, y resultará necesariamente la existencia de un apogeo, de un punto culminante. Así la vida no puede perpetuarse en las especies más que por la sucesión perpetua de los seres vivos, tema que siempre se presta a la imaginación del poeta, a la meditación del filósofo y a las reflexiones de cada uno de nosotros.

De allí, por último, esta distinción hoy fundamental y unánimemente aceptada, entre las ciencias «físicas» y «cosmológicas» por una parte, y las ciencias «naturales» y la «historia natural» por otra. La fuerza de las cosas se impuso sobre la

(*) «Essai...», cap. IX, Nos. 129 y 131.
(**) «Essai...», cap. IX, Nº 130.

etimología, y ha distinguido netamente por el sentido, dos palabras que la etimología confundía y que el uso debía confundir cuando las ciencias estaban todavía en pañales. El hombre de ciencia que pone etiquetas y clasifica los cristales o las rocas amorfas, no tiene hoy más derechos al título de «naturalista» que el astrónomo que cataloga y describe las nebulosas o las estrellas dobles. Para prevenir todo equívoco, valdría más, indudablemente, aceptar de una vez por todas la denominación de ciencias «biológicas», que ya hoy comienza a acreditarse; pero siempre acabamos por entendernos, y los ingleses no se equivocan sobre la naturaleza de los trabajos de Newton y de Davy, a pesar de llamar «físico» al médico y «químico» al farmacéutico.

206. Se ha dicho con exactitud que la naturaleza humana sería todavía más enigmática para el hombre mismo si no existieran animales con los cuales pudiera compararse en ciertos aspectos; es todavía más verdadero decir que nuestro principal recurso, para adelantar un poco en la interpretación de los fenómenos vitales, debe resultar de la feliz circunstancia de que haya tenido cabida en el plan de la Naturaleza el acercar y poner en contraste dos tipos fundamentales, dos formas generales, bajo las cuales la energía vital y plástica se despliega en la superficie de nuestro plantel: el tipo vegetal y el de la animalidad. Es por las semejanzas y diferencias entre animales y vegetales que podemos juzgar mejor lo que es verdaderamente esencial y fundamental en las condiciones de la vida. Tantos prejuicios filosóficos, tantos vanos sistemas metafísicos dependen en gran parte del hecho de no haberse considerado suficientemente que, junto a una metafísica hecha teniendo en cuenta al hombre o a los animales más cercanos al hombre, sería necesario otra, que tuviera en cuenta los seres vivientes del otro reino. O más bien, no se ha considerado suficientemente que los problemas que agita la metafísica, tengan o no solución, deben, para que exista alguna posibilidad de aclararlos, ser planteados en primer término, considerando aquellos seres en los cuales la vida se reduce a lo que ella tiene de más fundamental y de más sencillo. Si es verdad que el análisis y la comparación son nuestros grandes instrumentos de conocimiento y de crítica, ¿cómo no aprovechar un análisis que la Naturaleza misma ha hecho, o una comparación que nos invita a hacer, por la manera como ha mezclado y unido unos a otros los seres vivientes de ambos reinos?

207. Cuando Linneo, adoptando la vieja división de los tres reinos de la Naturaleza, quiso expresarlo en el estilo conciso,

aforístico, del que es creador, y que ha conservado su nombre, dijo: «Los minerales crecen, los vegetales crecen y viven, los animales crecen, viven y sienten». La «característica» del gran naturalista aquí deja algo que desear, porque la división tripartita que quiere traducir, y que todos admitían en su época, ya no es admisible (205). Por un lado la vida y por el otro las leyes de la materia inerte, he ahí la división fundamental, la distinción neta; por el contrario, el animal y el vegetal son seres que presentan, en todas las funciones que les son comunes, analogías notables; y como las funciones por las que difieren puede pasar por todos los grados de actividad o, mejor dicho, de inactividad hasta el embotamiento o abolición total, no debe sorprendernos encontrar, en los confines de ambos reinos, seres que están en posiciones indecisas. Hablando con propiedad, los minerales no «crecen», pero, accidentalmente, su masa puede acrecentarse o disminuir por yuxtaposición y adherencia, o inversamente por disgregación y separación de moléculas. Por el contrario, todos los seres vivos se desarrollan, crecen y se nutren por «intususcepción», como dicen los naturalistas, extrayendo del mundo ambiente los materiales nutritivos o reparadores, apropiándoselos durante cierto tiempo, elaborándolos en su organismo y finalmente arrojándolos fuera, después que todo rastro de vida se ha retirado de ellos, de manera que la identidad del ser viviente queda vinculada no a la materia, como para los cuerpos inorgánicos, sino a la forma orgánica y al encadenamiento de las funciones.

Por otra parte, la facultad que tienen los seres vivos de crecer y desarrollarse, no es más que uno de los modos de manifestación del poder vital; de manera que, en vez de decir que crecen y viven, nos expresaríamos de modo más exacto diciendo que viven y que, por esto mismo, crecen o se desarrollan en cierta época de su vida. Esta ley del desarrollo no se aplica solamente a los órganos materiales y a las formas plásticas; en todo lo que depende de la constitución de los seres vivos, la Naturaleza procede preferentemente desarrollando un germen primitivo y una facultad rudimentaria, más bien que creándola por entero, haciendo progresivamente más firmes, más distintos y más estables los caracteres primitivamente flotantes e indecisos. A este respecto, sucede con los instintos, inclinaciones, percepciones y facultades del ser viviente y animado lo mismo que con sus órganos físicos.

208. ¿Es preciso referir a este contraste entre el modo de acrecentamiento de los cuerpos inertes y el modo de desarrollo o del crecimiento de los seres vivos, otro contraste que ha creído encontrarse entre unos y otros y que dependería de la

presencia en unos y la ausencia en otros, de formas geométricas? Nuestra respuesta será negativa, por la sencilla razón de que el carácter distintivo, extraído de la presencia o ausencia de las formas geométricas, no nos parece ser muy real. Los tallos de un álamo, de un pino, tienen como esquema geométrico un cono de eje vertical, así como la figura de la tierra tiene como esquema geométrico un elipsoide aplanado hacia los polos. Ni nuestro planeta, que es un cuerpo inorgánico, ni el árbol, que es un ser organizado, se conforma rigurosamente al tipo ideal. En verdad, las variaciones son relativamente mayores para el árbol que para el planeta, pero esto no tiene importancia teórica. Lo importante es que sólo se trata, en un caso como en otro, de desviaciones irregulares, accidentales, debidas a causas subalternas que perturban en su acción la causa principal, a cuya simplicidad hay que atribuir, en uno y otro caso, la regularidad geométrica de la forma dominante. Aun los cuerpos cristalizados, tal como los encontramos más comúnmente en la Naturaleza, no ofrecen la precisión geométrica de formas que se obtiene por el tallado o los procedimientos de laboratorio.

A este respecto, la diferencia es mayor al pasar de los vegetales a los animales que al pasar de los minerales a los vegetales. Puede decirse que la regularidad geométrica domina en el conjunto de las formas vegetales, y que lo contrario ocurre en el conjunto de las formas animales, a pesar de algunas notables relaciones de simetría. Es solamente en aparatos inertes, o de una vitalidad muy oscura, que la animalidad nos ofrece ejemplos notables de regularidad geométrica, en los que hay que ver la expresión de la simplicidad de las leyes que han determinado su estructura. Esto depende, evidentemente, de la gran complicación de los órganos de los animales, sobre todo en las clases superiores, de la multitud de sus conexiones y de la variedad de las condiciones que la Naturaleza ha querido satisfacer, economizando el espacio y haciendo servir, muy a menudo, un mismo órgano para funciones diversas. Pero todo esto es incompatible con una disposición geométrica semejante a la que introducimos en nuestras máquinas, relativamente tan groseras.

209. Por último (para retomar y completar nuestro comentario al aforismo de Linneo), la sensibilidad en los animales no es una facultad que se agrega a la vida, sino uno de los modos de acción de la vida, así como el crecimiento o el desarrollo es otro. El crecimiento pertenece a ese primer período en el que la vida no es solamente, como se ha dicho, una «resistencia a la muerte», es decir, a las causas físicas de destrucción que

dependen de las cualidades indelebles de la materia, sino un poder verdaderamente activo, que las domina y triunfa; la sensibilidad se manifiesta en todas las épocas de la vida animal, pero siempre con intermitencias. Los animales no viven para sentir: sienten porque, según el plan de su organismo, la facultad de sentir es necesaria para asegurar la conservación de la vida, en el individuo y en la especie. Otro tanto debemos decir de todas las funciones intelectuales del animal, por elevadas que sean, relativamente. Un juicio inverso, cuando hay motivos para formularlo, es ya una prueba suficiente de que estamos saliendo de los límites en los cuales la Naturaleza quiso encerrar el círculo de las funciones de la animalidad.

210. Debemos hacer aquí una observación que tiene gran importancia para la sucesión de nuestras ideas. Las manifestaciones de la «vida vegetativa» u «orgánica», común a los animales y a los vegetales (*), consisten, en general, en movimientos internos, en agrupaciones moleculares y en combinaciones químicas; mientras que, también en general, la vida animal se manifiesta por movimientos externos y fenómenos mecánicos. Si ordenamos en serie, en el orden en que parecen presentarse naturalmente y en el que en efecto las hemos estudiado, teniendo en cuenta la subordinación de los fenómenos que engendran

las fuerzas mecánicas
las fuerzas moleculares y químicas
la vida vegetativa
la vida animal

comprobamos una especie de simetría entre el segundo y el tercer término de la serie, y entre el primero y el cuarto. A esto podemos agregar que, prolongando hacia adelante y hacia atrás la misma cadena sistemática, el estudio de la vida intelectual del hombre sucede al de la vida animal, mientras que el estudio de los principios racionales de la lógica y la geometría precede al de la mecánica física; lo que viene a confirmar la simetría observada. La idea misma de fuerza mecánica, según una observación ya hecha muchas veces (81-170), nos es dada por los fenómenos de la vida animal; nos sería absolutamente extraña, y no hubiéramos podido introducirla en la concepción y explicación de los fenómenos físicos, si sólo conociéramos los fenómenos vitales que pertenecen a la vida vegetativa. Se diría que la región central, a cuyos dos lados tiene lugar la distribución simétrica, es precisamente la región obscura (168), para la cual carecemos de los medios de intuición y representación.

(*) «Essai...», Nº 126.

211. La vida se refleja en todos sus productos, aun en aquellos que ha abandonado, en los que apenas ha penetrado y en los que todavía no ha penetrado. La concha del molusco, de colores vivos y formas elegantes, la tela de la araña, el algodón del gusano de seda, aun el nido del pájaro, están determinados en sus materiales, estructura y forma, y pertenecen a la característica de la especie tanto como una pluma, un pelo o una escama. Reconocemos igualmente (o en grados diversos, que ésto importa poco), lo que llamamos el sello de la Naturaleza, es decir la marca de esta acción misteriosa que persigue y obtiene instintivamente la producción de una obra armónica. No confundiremos tales productos, sobre los cuales la vida ha actuado o en los que ha penetrado, con las concreciones que tapizan una gruta, a pesar de que éstas a veces puedan engañarnos, ni con la bola de fuco que el mar arroja sobre la playa. Tampoco los confundiremos con los productos del arte humano, con nuestras vasijas y nuestras telas. Es así que distinguimos por el sentimiento de vida que en ellos circula, la modulación del pájaro cantor de la del órgano mecánico, del murmullo del torrente o de los rumores del bosque (198).

La fuerza de las analogías ha consagrado ya expresiones como la vida de una raza, la vida de un pueblo, la lengua viva, un derecho vivo. ¿No son acaso más que metáforas? Sí, sin duda, si nos atenemos a la idea que nos dan de la vida el sentimiento de nuestra existencia individual y personal, y la contemplación de los seres que más se nos asemejan; no, si encaramos en su plenitud y en su totalidad, las manifestaciones de nuestra vida. Considérese especialmente los idiomas, y se verá que poseen todos los caracteres que hemos reconocido hasta ahora a los productos de la vida. Tienen su período de infancia, juventud, virilidad, vejez, decrepitud (205) y han debido tener necesariamente, antes de la edad de la infancia que podemos observar en algunos de ellos, un estado rudimentario o embrionario, que se sustrae a nuestras observaciones. Se desarrollan por intususcepción, por elaboración de materiales adventicios, por la distinción progresiva de formas primitivamente indecisas, por la distinción creciente de lo que originariamente era confuso (207). La forma, es decir, la estructura gramatical, persiste en ellos como elemento esencial, mientras que pierden materiales (es decir palabras) y adquieren otros, y que esos materiales mismos sufren alteraciones continuas en su constitución y en su valor. Cuando el sistema de las formas gramaticales ha sido herido visceralmente, y que la

lengua no puede ya vivir, los materiales que la componían se desprenden, para entrar en la composición de otro organismo. Más tarde encontraremos muchos otros puntos de comparación que deberán ser objeto de nuestra especial atención.

212. Pero desde ahora hay que notar el efecto de esta tendencia a una polaridad simétrica, que ya hemos tratado en el párrafo 210. Porque si la vida se hace sentir en un producto de la actividad de los hombres reunidos en sociedades numerosas, en un lenguaje, por ejemplo, es aparentemente esa vida que llamamos orgánica o vegetativa, la vida que no tiene conciencia de sí misma, a la que no se asocia la personalidad, aunque emplee como vehículos millares de seres humanos dotados individualmente de conciencia y personalidad, que se suceden en este trabajo orgánico hecho en común, sin tener conciencia de la parte que desempeñan al pasar, no más de la que tienen de la vegetación del polípero, las generaciones de diminutos animales que son sus instrumentos. Así, para la especie humana, un aumento de desarrollo de las facultades de la vida animal y de la vida intelectual, produce condiciones muy análogas a las del desarrollo de la vida orgánica en las especies más inferiores; y más tarde veremos que un aumento de perfeccionamiento en las sociedades humanas, designado especialmente con el nombre de «civilización», tiende a poner el mecanismo calculado o calculable, en lugar del organismo viviente, la razón en vez del instinto, la rigidez de las combinaciones aritméticas y lógicas en vez de los movimientos vitales.

Et quod nunc ratio est, impetus ante fuit

Nos es mucho más fácil discernir, por el análisis, las condiciones de esta interrupción del movimiento vital al que asistimos, por así decir, que captar por la observación de las condiciones de la puesta en marcha de este mismo movimiento, la aparición de los primeros productos de la fuerza plástica. En este sentido, el estudio del hombre y de las sociedades humanas, en las que el hombre individual desaparece como un átomo, es necesario para completar el estudio filosófico de la Naturaleza viviente, del mismo modo que el estudio filosófico de la Naturaleza viviente es necesario para comprender la historia del hombre.

Capítulo II

Del cuadro y de los caracteres de las ciencias naturales. De la historia y de la filosofía de la naturaleza.

213. No vamos a intentar delinear, bajo cuantas etiquetas o rúbricas convenidas fuera necesario, una especie de cuadro enciclopédico de las ciencias naturales; los detalles de un cuadro semejante nos llevarían demasiado lejos, y para determinarlos con toda precisión, nadie menos competente que nosotros. Esa especie de anatomía que se nos ha hecho familiar por una larga aplicación, y a la que creemos haber prestado algunos servicios, no es la que emplea el bisturí y las inyecciones, la lupa y el microscopio. La naturaleza no nos ha dado para ello ni una mano bastante certera, ni ojos suficientemente agudos. En consecuencia, el cuadro mencionado en el título del presente capítulo, no puede ser nada más que el cuadro de las categorías fundamentales, de las ideas primeras a las que se ligan todas las construcciones científicas y cuya enumeración y clasificación detalladas no queremos presentar aquí.

Una primera división salta a la vista, por así decir, entre las ciencias naturales: unas se ligan a la gran categoría del ORDEN y de la FORMA, por tener como objeto la enumeración, descripción, clasificación, comparación de las formas orgánicas; las otras, cuyo objeto directo es el estudio de las funciones de la vida, no pueden avanzar en este camino sin hacer uso continuo de la idea de FUERZA, cualquiera sea el término empleado para designarla. Así se reproduce, a la altura de las ciencias naturales, la antítesis por la que ya se operó la distribución y, a menos que nos engañemos, la aclaración de los temas de los dos primeros libros de nuestra obra.

Esta antítesis cuadra con la distinción, hoy elemental, entre «anatomía» y «fisiología», porque está claro que el estudio de las formas sólo requiere accidentalmente el bisturí o la lupa; que no cambia fundamentalmente de naturaleza por haber sido hecha sobre una escala mayor o menor, por referirse a las formas externas o a la estructura o disposición de los órganos

internos. Así se ha tenido razón en crear una palabra neutra, «morfología», en cuya composición la idea accesoria de disección no entra para designar, en su conjunto, la ciencia de las formas orgánicas.

214. En el estado actual de la morfología, es fácil discernir dos fundamentos, uno de los cuales (el inferior), comprende las ciencias que se ocupan especialmente de descripciones, características y clasificaciones. Estamos aquí mucho más en el mundo de los hechos, que en el de las ideas, aunque el mismo principio de la característica y la clasificación sea una idea, y aunque no pueda haber ciencia sin una intervención, en cierta medida, de la idea o de la especulación filosófica (*). Las ciencias de las que hablamos han debido, necesariamente, ser las primeras en constituirse. Hace solamente muy poco tiempo que se consiguió superponer a esta base inferior, a esta doctrina, en cierto modo elemental, una anatomía superior, una teoría más elevada del tipo o de la forma orgánica, que penetra cada vez más en la ciencia positiva e indiscutible, aunque tenga esencialmente por objeto ideas, relaciones, leyes, más que hechos sensibles y que así permanezca siempre mucho más impregnada de caracteres propios de la especulación filosófica. Y, sin embargo, esta teoría, por elevada que sea, todavía no exige, en rigor, la noción de fuerza vital, así como la teoría de la cristalización y de la reducción de las formas cristalinas a sus tipos fundamentales no exige, precisamente, la noción de las fuerzas moleculares que intervienen en el fenómeno de la cristalización (78). Pero también la morfología superior, aun en sus partes más elevadas, es en el fondo más clara y más cercana a la perfección científica, que la fisiología más elemental, que está obligada a recurrir constantemente a esta idea de una fuerza o de fuerzas diversas que gobiernan el organismo vivo; idea que nos es difícil, por no decir absolutamente imposible, definir y precisar.

215. Por su lado, la fisiología no comprende solamente el estadio inferior de las funciones vitales, aquel en el cual a cada modificación funcional corresponde un cambio material apreciable en la estructura, o en la disposición de los órganos, en la composición de los tejidos o de los humores; debe abarcar igualmente los hábitos, los instintos, las aptitudes cuyos síntomas materiales son imperceptibles para nosotros, o que quizá no tienen esas manifestaciones materiales. Es decir que pasa por una serie de transiciones continuas, a lo que llamamos

(*) «Essai...», cap. XXI, Nos. 531 y sig.

«psicología» y de la que sólo podría ser separada artificial o hipotéticamente.

Sin admitir, como hacen algunos autores, que puedan existir ciencias naturales puramente descriptivas, es justo reconocer que el elemento descriptivo predomina o puede ser más fácilmente aislado, en aquellas ciencias naturales que tienen como objeto especial las formas orgánicas; no porque sea imposible describir, con la mayor sobriedad de explicaciones, una función o una enfermedad, como se describiría sin explicaciones una forma orgánica, sino porque la forma es directamente asequible a nuestros sentidos, mientras que sería casi imposible evitar en la descripción de los fenómenos fisiológicos (y con más razón en los fenómenos psicológicos), toda alusión directa o indirecta, a la idea de fuerza, bajo cuya influencia nuestro espíritu pone en los hechos lo que el hecho solo, tal como lo percibimos, no nos daría. Hay allí una necesidad de lenguaje, que no es otra cosa que una necesidad del pensamiento. Sería lo mismo que intentar desterrar de la exposición de los fenómenos físicos toda concepción dinámica, para limitarse a las nociones que pertenecen a la teoría puramente geométrica del movimiento (90), y equivaldría a querer desterrar de nuestro lenguaje, como pretenden algunos filósofos, toda alusión a la idea de causa (170).

216. Teniendo en cuenta las aplicaciones del arte de la medicina, nació la fisiología, y sólo comenzó mucho más tarde a ser estudiada por sí misma, en las condiciones de la vida normal, independientemente de toda aplicación del arte de curar. La medicina es, pues, a la vez, la madre y la hija de la fisiología: la madre en el orden del tiempo, la hija en el orden especulativo. Así, todos los sistemas de medicina, desde que hay médicos y sistemas, implican la idea de fuerza. Escúchese, a los médicos, léase sus obras y dígase si podría dejarse de invocar, bajo un nombre u otro, la idea de fuerza. He ahí por qué los progresos de las ciencias médicas son tan poco proporcionados a los inmensos progresos alcanzados en las ciencias anatómicas y quirúrgicas; y la oscuridad de la idea de fuerza vital, comparada con la nitidez de la idea de forma, explica la inferioridad relativa (e irremediable, desgraciadamente) que mostrarán las ciencias fisiológicas y médicas, siempre que querramos compararlas con las que tienen formas como objeto, aun en lo que aquellas tienen de más elevado y más alejado de la percepción sensible. Es lícito afirmar que jamás desaparecerán las consecuencias de esta inferioridad constitucional, hasta el punto de eximirnos de tener que recurrir al puro empirismo e imposibilitar la acción del charlatanismo.

Es un tema trillado, un lugar común de la conversación de las gentes de mundo, la comparación que se establece entre la cirugía y la medicina, comparación que lleva inevitablemente a ensalzar la una y rechazar la otra. El sentido común dicta, en efecto, esta sentencia; pero sería todavía necesario aclarar los considerandos y saber exactamente qué debe entenderse por cirugía y qué por medicina, porque no son el cuchillo y los vendajes los que hacen esencialmente al cirujano, ni los remedios al médico, como no son los hornos y retortas los que hacen esencialmente al químico (138). Cuando un médico ausculta un enfermo y juzga, según ciertos signos físicos, el estado del pulmón o del corazón, puede pretender a la misma seguridad en su diagnóstico, que el cirujano que inspecciona una herida o un tumor externo; en este sentido realiza, por medios indirectos que los progresos de la ciencia pueden hacer cada vez más precisos, un sondeo, una verdadera anatomía; es, hablando con propiedad, un cirujano. La diferencia de papeles sólo comienza cuando se trata de los medios curativos, porque mientras el cirujano vendará la llaga, extraerá el tumor o amputará el miembro enfermo, el médico sólo podrá actuar sobre el órgano enfermo utilizando «remedios», es decir, despertando y dirigiendo de algún modo las fuerzas del organismo, esas entidades que conocemos tan imperfectamente, sobre las cuales es preciso que razonemos, cosa que hacemos a menudo de modo tan arriesgado. Inversamente, cuando es preciso que el cirujano haga intervenir en sus previsiones reacciones fisiológicas, que decida si una amputación es necesaria o si se puede contar sobre las fuerzas de la Naturaleza para la curación de la herida; cuando hace, como suele decirse, medicina operatoria, a pesar de que esté trabajando con el bisturí y sobre órganos externos, su arte es tan conjetural como el del médico y por las mismas causas.

Cualquiera sea, en apariencia, la extraña disparidad de los términos de comparación, puede decirse que la lógica es a la psicología lo que la anatomía es a la fisiología, y lo que la cirugía a la medicina. Por ambos lados, es el mismo contraste entre la precisión que implica la determinación de las formas y la vaguedad de las explicaciones fundadas sobre la idea de fuerzas que no podemos definir y todavía menos medir en sus variaciones continuas (13).

217. Hemos insistido en otra obra (*) en el papel del elemento científico propiamente dicho, del elemento histórico y del elemento filosófico en el sistema de nuestros conocimientos;

(*) «Essai...», caps. XX, XXI y XXII.

hay que retomar aquí algunas de estas consideraciones, en cuanto se aplican al estudio científico y filosófico de los seres vivos. Considerando las cosas en determinado sentido, en los fenómenos vitales todo se subordina al elemento histórico. En efecto, para que la vida aparezca en la superficie de la tierra, fué preciso que el globo terrestre y sus envolturas flúidas estuviesen constituídas astronómica, física y químicamente de una determinada manera y no de otra; de lo contrario el organismo vivo, bajo las formas que conocemos, no sería posible, e ignoramos si otras condiciones hubieran hecho posible el organismo bajo formas distintas. Así, la manifestación de la vida presupone ciertos datos de cosmología, datos que entran en la categoría de aquellos cuya razón está contenida en la historia de los hechos anteriores, y ésta es también la que suministra su explicación (181).

218. Pero en este sentido habría también que decir que la química o la cristalografía son ciencias cosmológicas, puesto que ha sido preciso que la materia ponderable haya adquirido aquí y allá, en los espacios celestes, un grado de concentración suficiente que permite las combinaciones moleculares y la formación de cristales. No deben confundirse las condiciones o circunstancias necesarias para que un fenómeno se produzca, con la razón intrínseca del fenómeno. La disposición del mundo, que hace posible en una época determinada la manifestación de las acciones vitales, no es su principio determinante. El poder creador de la naturaleza encuentra en sí mismo, cuando llega la hora y las circunstancias son propicias, su razón de actuar, de acuerdo con ciertas leyes generales. El sistema de estas leyes generales, en lo que concierne, ya sea a la armonía de las funciones, ya a la estructura de los materiales del organismo (anatomía general), ya a la arquitectura de los tipos orgánicos (anatomía superior), es objeto de contemplación teórica, con igual derecho que las leyes generales de la física; y no hay que confundir aquellas investigaciones que estudian esas leyes generales, con las que se ocupan de hechos particulares y locales, producidos por el juego de combinaciones fortuitas y el modo de sucesión de los acontecimientos, aun cuando esos hechos particulares y locales adquieran, en razón de las circunstancias, una importancia de primer orden, como ocurre en tantos ejemplos de ciencias cosmológicas. ¿Por qué todos los monos del Nuevo Continente tienen treinta y seis dientes, mientras que los del Antiguo Continente tienen treinta y dos, como el hombre? ¿Por qué en uno se encuentran elefantes y no en el otro? ¿Por qué el tipo de los marsupiales predomina entre los mamíferos de Australia y no en otros

sitios? ¿Por qué las numerosas especies de pino pertenecen al hemisferio boreal y no al austral? ¿Por qué tantas especies de matorrales acumuladas en la punta de Africa austral, mientras que en el norte de Europa escasean las especies de matorrales y abundan los individuos de la especie? He ahí otros tantos hechos que las armonías funcionales no explican (puesto que treinta y dos dientes bastarían al mono del Nuevo Continente y treinta y seis no perjudicarían al del Mundo Antiguo), y que tampoco pueden tener su causa en la acción prolongada de los medios y los climas, tendiendo a otra especie de armonía; porque el elefante cuya especie, así como especies congéneres, habitaron América en otros tiempos, vivirían tan bien allí, en latitudes apropiadas, como en Asia o en Africa; y el buey, desde que fuera transportado a América, vive y se multiplica en el Nuevo Continente, en estado salvaje y doméstico, tan bien como en el Antiguo Continente, de donde proviene su raza. La razón de todos estos hechos está en los antecedentes, en los datos que llamamos históricos, no porque podamos conocer históricamente la mayoría de ellos, ya que han perecido casi todos los monumentos de semejante historia, sino porque imaginamos una serie de acontecimientos o de hechos que un testigo inteligente hubiera podido observar en su tiempo, y que daría la clave de los hechos actuales, sin que nada pueda compensar la pérdida de los monumentos históricos, cuando ésta es completa.

219. A menudo se ha observado que la economía de la Naturaleza viviente no ofrece esas reglas fijas, absolutas, sin excepción, como lo son en general las leyes de la mecánica, de la física o la química. En primer lugar, hay que distinguir entre las leyes propiamente dichas y los hechos, aún muy generales, cuya razón sólo puede ser histórica y no teórica. Esa generalidad aparente del hecho que simula una ley, puede depender de que haya más posibilidades para que se produzca ese hecho y no su contrario, y aun no es imposible que el azar de las combinaciones haya producido el hecho que no tenía la mayoría de las posibilidades en su favor (59). En ambos casos, es natural que el hecho general se presente acompañado de excepciones. Todos los planetas y sus satélites conocidos hace un siglo, se mueven de occidente a oriente, en elipses poco excéntricas, en planos poco inclinados hacia el ecuador solar. Esto se asemeja mucho a una ley, pero no es más que un hecho cuya generalidad ha sido después destruída por las grandes excentricidades y las grandes inclinaciones de ciertos planetas telescópicos, y, sobre todo, por los movimientos de los satélites de Urano. Así, por el solo hecho de que los organismos vivientes

conservan la huella de ciertas particularidades del origen y de los hechos a los cuales ha dado lugar el despliegue de la actividad de la Naturaleza en períodos anteriores, nada habría de sorprendente en que los hechos generales que presentan y que podríamos llamar impropiamente leyes (por una asimilación inexacta a las leyes físicas, indelebles y permanentes) admitiesen supresiones, excepciones y nos ofrecieran lo que llamamos anomalías, rarezas o monstruosidades. La variedad de los hechos en historia natural, incomparablemente mayor que en las ciencias cosmológicas, explica, pues, suficientemente, en lo que a ellas concierne, la observación a que aludíamos.

220. Abordemos ahora las leyes propiamente dichas y la parte teórica de las ciencias naturales. A este respecto, puede observarse que no es extraño que no lleguemos, en la descripción o explicación de los fenómenos de la Naturaleza viviente, a leyes tan fundamentales, tan cercanas a los primeros principios de las cosas, como lo son ciertas leyes de las ciencias físicas. La mayor complejidad del tema bastaría para oponerle un obstáculo. La meteorología es ciertamente una ciencia puramente física; sin embargo, a causa de la complicación de los problemas de que se ocupa y que sólo podemos abordar por métodos empíricos, se encuentra en estado de inferioridad científica comparada con la óptica o la química. Las leyes que comenzamos a discernir empíricamente en esta ciencia, por ejemplo la que se conoce bajo el nombre de «ley de rotación de los vientos» ¿no se asemejan acaso a las leyes que comienzan a discernirse también empíricamente en la economía de la Naturaleza viviente, por expresar más bien que una necesidad rigurosa que se puede comprobar experimentalmente, el modo como las cosas suceden habitual y comúnmente, en virtud de la distribución de las probabilidades? (63).

Por último, y sin perjuicio de esta explicación, sería todavía razonable admitir que la actividad vital en la que se muestra de manera tan notable, a pesar de ser tan incomprensible para nosotros, la coordinación de los medios en vista de un fin, tiene también cierta amplitud de determinación, incompatible con la esencia de las fuerzas puramente físicas (176), y perfectamente conciliable, por el contrario, con una tendencia instintiva a manifestarse bajo el mayor número de formas y a apropiarse del mayor número de circunstancias posibles, y que no sería más maravilloso que tantos otros atributos que reconocemos que posee el impenetrable principio de los fenómenos vitales.

221. Al mismo tiempo que la parte correspondiente al elemento histórico aumenta con el pasaje de las ciencias físicas a

las ciencias naturales, se agranda la parte del elemento filosófico. Más cosas se dejan libradas a la inducción, a las conjeturas y aun a las conjeturas más atrevidas. Los problemas que salen del dominio de la ciencia positiva se mezclan tanto a los otros, que difícilmente pueden ser apartados, y a veces no pueden serlo. Cuando se estudia física y astronomía, es bastante fácil dejar de lado toda cuestión de origen o de finalidad, pero ¿cómo evitar en historia natural los problemas de origen a propósito de la subordinación y la distribución de los tipos? ¿Cómo evitar las cuestiones de finalidad en ciencias naturales, cuando el principal hilo conductor es la idea de armonía de los órganos y las funciones, y de la coordinación de los instrumentos para un fin? Una filosofía de la Naturaleza interviene, pues, inevitablemente, en toda especulación científica sobre la Naturaleza viviente, y recíprocamente, toda especulación filosófica sobre los fenómenos vitales deberá relegarse a la categoría de quimera, a menos que se imponga la condición de utilizar todas las inducciones que pueda suministrar el estado actual de las ciencias positivas.

Sin embargo, conviene distinguir en la filosofía de la naturaleza, aquella parte que se incorpora a la ciencia positiva y la que se aparta de ella; la ciencia positiva no podría dejar de utilizar la primera, pero puede hacer caso omiso de la segunda. El fisiólogo o el médico no se sustraerán a la necesidad de discutir la concepción filosófica de las fuerzas vitales, la tesis filosófica del vitalismo, pero nada los obligará a entrar en discusiones ontológicas sobre la naturaleza del alma y sobre su modo de actuar. El botánico o el zoólogo se cuidarán mucho de rechazar la idea de finalidad, como quisieran algunos filósofos, al estudiar la estructura y las funciones de cada tipo orgánico en particular, mientras que podrán perfectamente no utilizar esta idea en sus aplicaciones al conjunto de la creación orgánica y al papel de cada especie con respecto a las otras. Si, al pasar, se entregan a especulaciones de este último tipo, lo harán en calidad de filósofos y no en calidad de hombres de ciencia (puesto que allí ya no hay hilo conductor que pueda ser utilizado por la ciencia positiva), y porque nada prohibe que un hombre de ciencia haga un poco de filosofía en sus momentos de ocio.

222. El orden que tendremos que seguir en este tercer libro nos ha sido trazado por las observaciones precedentes. En primer lugar, discutiremos las ideas que son el fundamento de la morfología orgánica, a saber las ideas de unidad, de individualidad, de centralización y de perfección orgánicas, de tipo orgánico y de plan de los organismos. Someteremos luego a un examen más profundo los principios de la teoría de dinamismo vital,

sobre los que sólo hemos podido dar hasta ahora algunas generalidades, y esto nos llevará, naturalmente, a estudiar las manifestaciones de la actividad vital en su origen, en el paso de los fenómenos físicos a los fenómenos vitales, en el acto de la generación que es la causa activa, eficiente, fisiológica, de la constitución de las especies vivientes, del establecimiento de las razas, de la sucesión de las variedades individuales, de los fenómenos de hibridización y de monstruosidad.

Toda esta parte morfológica y fisiológica de nuestro tema pertenece a las ciencias naturales propiamente dichas; abordaremos luego lo que llamamos estrictamente historia natural, tratando la habitación, la patria, la edad y la sucesión de las especies, su origen y la idea de creación orgánica.

Por último, de estos temas de filosofía natural, íntima y necesariamente ligados al sistema de la ciencia, pasaremos a problemas más elevados o más generales que también están comprendidos en la filosofía de la Naturaleza, aunque, en rigor, podrían no ser debatidos si sólo se tuvieran en cuenta las exigencias de la construcción científica.

Capítulo III

De las ideas de individualidad, centralización y perfección orgánica. De las ideas de tipo orgánico y de un plan de los organismos.

223. Al comienzo de nuestra obra de sistematización filosófica, hemos encontrado la idea de unidad o de individualidad, que es la raíz de la ciencia de los números y frente a ella las ideas de género y de especie, que son el fundamento de las clasificaciones lógicas; se trata ahora de volver a considerar esas ideas fundamentales en cuanto se aplican en particular a los seres vivientes (9).

Es propio del ser vivo ofrecer, en la constitución de su unidad, una maravillosa armonía de funciones y de órganos cuyos detalles son infinitos y que nos sorprende tanto más cuanto más la penetramos, y que sobrepasa sin medida todo lo que nuestra imaginación pueda concebir, todo lo que nuestra técnica pueda realizar (204). Y esto no se aplica únicamente a las formas y a la estructura plástica en sus relaciones con las funciones sino a las relaciones de las funciones entre sí (*).

224. Sin embargo, a pesar de que no podemos concebir la vida sin un lazo de unidad o de solidaridad orgánica, es necesario admitir que este lazo se muestra, según los casos, más o menos apretado o distendido. A este respecto, el vegetal no puede compararse con el animal, ni el animal de clases inferiores con aquellos cuya organización los acerca a nosotros. Entre estos mismos hay órganos o sistemas de órganos cuya simpatía es más viva u otros que desempeñan su papel en el conjunto del organismo, con mayor independencia individual. Entre los animales compuestos y los monstruos dobles, tales como ciertos ejemplares célebres proporcionados por nuestra propia especie, se ven organismos que se adhieren o penetran tan profundamente que desorientan nuestras ideas más familiares, aquellas que los casos ordinarios y normales nos sugieren, sobre la

(*) «Essai...», cap. IX, Nº 131.

constitución misma de la individualidad, sobre la existencia propia e independiente de los seres organizados y sobre la solidaridad de sus partes constitutivas.

El brote es, en un sentido, un vegetal injertado en otro, y este injerto natural no le quita su individualidad propia, a pesar de que lo ponga en comunicación simpática con otras yemas, injertadas también naturalmente en un tronco común. Inversamente o en otro sentido, los vástagos no dejan de pertenecer al individuo del que han sido desprendidos y de continuarlo en su existencia individual, con los caracteres individuales que le pertenecen. Los diminutos animales del polípero o de la esponja se asemejan mucho, en esto, a los brotes del vegetal; tienen también su vida propia y su vida común, porque es claro que no negaremos la vida al árbol, al mismo tiempo que otorgamos al brote, y aún a la hoja, a la flor y a los otros órganos caducos, una vida propia que se une armoniosamente a la del ser compuesto. «Todo ser vivo, dice Goethe (de cuyas palabras, sin embargo, no hay que exigir demasiado), no es una unidad sino una pluralidad; aun cuando se nos aparezca bajo la forma de individuo, es una reunión de seres que viven y existen por sí mismos... Cuanto más imperfecto sea el ser, más semejantes son las partes y mejor reproducen la imagen del conjunto. Cuanto más se perfecciona al ser, más difieren las partes. En el primer caso, el todo se asemeja a la parte, en el segundo ocurre a la inversa; cuanto más se asemejan las partes, menos se subordinan a otras»...

Así nos formamos la idea de una escala de perfeccionamiento orgánico, en cuya cima se colocarán (por lo menos en lo que concierne a los seres cuya organización total permite que los abarquemos en una misma serie) aquellos cuyas funciones están mejor ligadas, más centralizadas, más especializadas, como consecuencia de una subordinación más rigurosa y una distinción más neta entre los órganos, ya que la Naturaleza, en el ser vivo, tiende siempre a la más perfecta unidad del todo por la diversidad de los detalles del organismo. El animal que llamamos «desdentado», no porque carezca de dientes, sino porque todos sus dientes se asemejan, y que su número no está fijado tan rigurosamente como para otras especies, ofrecerá, en cuanto a su sistema dentario, una organización inferior a aquella de las especies que tienen dientes molares, caninos, incisivos, en número determinado y apropiados por sus diferencias de formas a otros tantos usos especiales. El hombre, que tiene dos pies y dos manos, poseerá, por este solo hecho, una organización intrínsecamente más perfecta que la del cuadrúpedo o del cuadrumano; aun cuando al cuadrumano, nacido para trepar, le sirvan más sus dos manos traseras que dos pies.

El máximo de la perfección orgánica sería que cada pieza se distinguiera netamente, por su estructura y funciones, de todas las demás piezas congéneres, de manera que el número de piezas de cada especie se reduzca a la unidad para las piezas centrales, y para las demás, a lo que exija la simetría general del organismo. Cuando se contempla desde este punto de vista la economía de la Naturaleza viviente, se reconoce en seguida que está gobernada por los mismos principios que la economía de nuestras industrias y sociedades humanas: la subordinación, la centralización, la división o la especialidad del trabajo. La Naturaleza y el hombre se han encontrado, no porque el hombre haya tomado como modelo a la Naturaleza que todavía no conocía suficientemente, y mucho menos la Naturaleza al hombre, sino porque una necesidad racional muy superior al hombre y que gobierna hasta a la Naturaleza viviente lo quería así (145).

225. Así como se reconoce un perfeccionamiento progresivo (en el sentido que acabamos de explicar) al pasar de un ser vivo a otro, así se reconoce un perfeccionamiento del mismo tipo al pasar de un orden de funciones a otro. Las funciones de la vida animal exigen manifiestamente un organismo más centralizado, más especializado que las funciones de la vida orgánica o vegetativa, común a los animales y a los vegetales (209). Pero a este respecto existe un orden de funciones que llama particularmente la atención. En efecto, si hay una gran parte de vida vegetativa en la animalidad, muy análoga a la de los vegetales, también hay en los vegetales un orden de funciones por el cual se asemejan singularmente a los animales y que, aun en ellos, parece depender más bien de la vida animal que de la vida orgánica o vegetativa; estamos hablando de las funciones de la generación. Si las celdillas de una antera revientan, el polen, por un movimiento no ya molecular (210) sino sensible y aparente, va a fecundar los óvulos contenidos en el ovario; el óvulo fecundado se convierte en grano, en simiente, en huevo vegetal, que será, a su vez, arrojado a lo lejos y que, una vez depositado en un suelo conveniente, producirá un germen, un embrión, especie de planta en miniatura, que tiene su tallo, hojas y raíces, que se desarrollará poco a poco, pasará por todos los períodos de crecimiento o decrecimiento hasta la muerte, sin cesar de conformarse a las condiciones de su especie. A este respecto, una palmera o una encina no difieren de un pez o un pájaro: hay entre vegetales y animales, sobre todo entre aquellos de una y otra serie cuya organización es más perfecta y que conocemos mejor, una semejanza notable. En este orden de funciones ya no encontramos esas ambigüedades a las que dan lugar el modo de propagación, de multiplicación, de reproducción por

yemas o vástagos; la distinción de las generaciones sucesivas es perfectamente neta; se les puede dar nombres, números de orden. He ahí lo que establece más netamente la noción de la unidad o de la individualidad, aplicada a los seres vivientes, animales o vegetales; he ahí también el factor que debe establecer más netamente la característica, y, por consiguiente, mediante una relación secreta pero innegable, es preciso que el acto de la generación y sus consecuencias, se conviertan en el fundamento de la idea de especie y de las clasificaciones del naturalista (47), tanto para los vegetales como para los animales; es preciso también que los aparatos sexuales se conviertan, más especialmente todavía, en el fundamento de las clasificaciones de los vegetales que participan por allí, de condiciones de la animalidad.

226. Sin embargo nuestro plan requiere que dejemos para más adelante la crítica filosófica de la idea de «especie», en el sentido de los naturalistas, porque el fenómeno de generación sobre el que se funda es la más elevada y secreta manifestación de las fuerzas vitales y plásticas, en el curso actual de los acontecimientos; el orden de las categorías del entendimiento y el cuadro mismo de las ciencias naturales, tal como lo hemos esquematizado en el capítulo precedente, exigen que hagamos pasar lo que depende únicamente de la categoría de forma, lo que pertenece a la pura morfología, antes que aquello que implica la noción de fuerza y que depende, en consecuencia, de la fisiología. No es éste el procedimiento de la ciencia técnica, sino el de la filosofía de la ciencia. Platón precedió a Aristóteles, porque está en la naturaleza del espíritu humano que las intuiciones de la filosofía anticipen la organización de la ciencia positiva, que el filósofo plantee desde el primer momento los problemas más elevados, y en realidad más fundamentales, y que el sabio vuelve a tomarlos después para la coordinación y explicación de los hechos pacientemente acumulados. La historia de las ciencias de nuestro siglo no ofrecerá nada más curioso que este antagonismo entre dos escuelas de naturalistas que verdaderamente representaban, a su manera, conforme al espíritu y a las luces de su siglo, el aristotelismo y el platonismo. No podemos dejar de admirar ese viejo genio griego, que enarboló estandartes alrededor de los cuales se agrupan todavía los combatientes, cada vez que se traba un combate serio en el terreno de las ideas (78).

227. En efecto, es distinta la idea aristotélica de la armonía de las funciones y de la coordinación de todas las partes del organismo, teniendo en cuenta las funciones a desempeñar, de

la idea platónica de un tipo de organización. Junto a un órgano cuya utilidad funcional es evidente, se encuentran otros que parecen existir nada más que para mantener la conformidad de tipos entre las diversas partes del mismo organismo, entre un sexo y otro, o aún, para atestiguar las analogías del tipo específico con otros tipos, y su subordinación a un tipo de orden más elevado, de donde derivan unos y otros (49). La conformidad o analogía de las funciones produce, entre los seres organizados, semejanzas que no son del mismo orden que las que dependen de la derivación de un mismo tipo orgánico. Algunos mamíferos vuelan y algunos pájaros no vuelan, y sin embargo no deja de haber, entre todos los mamíferos por un lado y todos los pájaros del otro, semejanzas típicas de un orden muy superior al que se observa entre los pájaros que vuelan y los mamíferos que también vuelan. La misma observación debe hacerse para los peces comparados con los mamíferos. El mamífero que no vuela y cuyas funciones y tipo son tan distintos a las funciones y al tipo del pájaro se relaciona, sin embargo, como el pájaro, con el tipo más general de los vertebrados, y por eso tiene con éste semejanzas mucho más íntimas y fundamentales que las que la identidad del medio de habitación y la analogía de las funciones pueden establecer entre el pájaro y los millares de insectos que la Naturaleza ha formado igualmente para el vuelo. Por supuesto que solamente queremos aquí esbozar este tema inagotable. De hecho, la observación nos muestra que la Naturaleza tiene mil medios para adecuar a las mismas funciones, o a funciones análogas, órganos construídos sobre los tipos más distintos. La diversidad de funciones o de influencias externas no bastan para explicar la diversidad de los organismos, y ni siquiera la explican en lo que tiene de más característico. Por eso es que tenemos la necesidad de hacer intervenir, en la explicación que damos de las obras de la Naturaleza viviente, además de la idea de finalidad y armonía entre los órganos, las funciones y los medios, la idea de tipo y de condiciones típicas que dominan aún las condiciones de armonía. Nos elevamos así hasta la concepción de una anatomía superior, que sigue las modificaciones del tipo en su adecuación a las aptitudes funcionales, sin tener siquiera la necesidad de remover el problema, eternamente pendiente, de saber si las modificaciones funcionales tienen como causa determinante una modificación del tipo, o si, por el contrario, el tipo se modifica para adaptarse a una modificación funcional.

228. La idea de tipo (48 y sig.) no implica necesariamente como pretendía el viejo platonismo, demasiado ambicioso en este punto) la de inmutabilidad y eternidad del tipo. Una

plancha se usa con el tiraje, y los ejemplares del último tiraje, que no difieren sensiblemente unos de otros, difieren sensiblemente de los del primero, acusando por esto mismo la alteración o variación del tipo de un tiraje a otro. Aún puede reconocerse, inspeccionando una serie de ejemplares, si la plancha con la que han sido hechos era más o menos sensible a la alteración y a la usura, si era de madera, de cobre o de acero. Nada impide que la Naturaleza viviente presente algo análogo en cuanto a los tipos orgánicos; y solamente la observación puede enseñarnos si estos tipos son absolutamente invariables de un ejemplar a otro, teniendo en cuenta la necesaria compensación de las modificaciones accidentales, o si comportan alteraciones que acabarían por manifestarse (aunque extremadamente lentas) y que habría que atribuir ya sea a influencias externas, ya a una modificación íntima de las causas, cualesquiera sean éstas, que dan a los organismos sus formas y que determinan la reproducción de los ejemplares de sus diversos tipos. Al hablar de tipos orgánicos, los naturalistas quieren significar que, razonablemente, no se puede explicar solamente por la diversidad de influencias externas, por la necesidad de las armonías funcionales, la diversidad de los organismos, y que el principio de la organización, cualquiera sea éste, no es sólo una aptitud general para tomar las formas que determinan las condiciones externas, sino una tendencia a la construcción de tal organismo, intrínsecamente determinado en lo que se refiere a sus condiciones fundamentales, salvo las modificaciones que pueden imprimirle las circunstancias externas en los límites de su influencia. Si esa influencia puede llegar a modificar el tipo o la causa interna, y constituir un carácter transmisible, capaz de resistir por su propia virtud a las influencias externas, lo que era accidental y adventicio para el primer individuo sometido a la influencia, será típico o innato para aquellos que provengan de él.

El tan mentado problema de las «ideas innatas», para quien lo entienda correctamente, no es, en el fondo, más que un caso particular o un corolario de este otro problema: ¿debemos admitir tipos orgánicos? Se creerá voluntariamente que las impresiones sensibles bastan para explicar la naturaleza de todas nuestras ideas, si se cree que las influencias externas han bastado para determinar y variar todas las formas del organismo, es decir, si no se es naturalista en absoluto; sino, para ser consecuente, habrá que admitir una causa interna y congénita que fija, en lo que tienen de fundamental, las formas de nuestras ideas como la de nuestros órganos, dejando a las acciones externas nada más que el cuidado de determinar las formas en sus detalles accidentales y accesorios.

229. ¿Cómo podríamos reconocer la persistencia de un mismo tipo cuyas piezas constituyentes sufren, al pasar de una especie a otra, de un género a otro, de una clase a otra, las mayores modificaciones, no solamente en lo que se refiere a las funciones sino a la forma propiamente dicha, a la estructura, a las proporciones relativas?; así, determinada pieza se une a otra, o adquiere un desarrollo exagerado, o bien se reduce por una especie de aborto al que se da el nombre especial de «detención del desarrollo», o bien algunas veces llega a desaparecer por completo. Es aquí donde interviene el principio de las «conexiones»; principio muy digno de interés, sobre todo desde nuestro punto de vista, porque nos muestra cómo, tras una forma geométrica y sensible, nuestra razón capta una forma puramente inteligible, que no consiste más que en relaciones de orden y cantidades. Las piezas A, B, C, D, etc., cambiarán unas después de otras, en conjunto o aisladamente, regular o irregularmente, en todo lo que constituye sus caracteres sensibles, de manera que, unos tras otros, todos esos caracteres sensibles podrán y deberán ser eliminados como accidentales; mientras que las conexiones de cada pieza en particular, o sus relaciones de orden con las piezas adyacentes, subsistirán como carácter esencial del tipo y como lo que comprueba, a los ojos de la razón, según un conjunto de inducciones concluyentes, la persistencia de la identidad de la pieza, y aún del casillero vacío, que tenemos que imaginar en su lugar en el caso absolutamente excepcional y anormal de una total desaparición por aborto completo. Tal es el principio llamado de las conexiones, cuyas aplicaciones, por supuesto, no discutiremos aquí, pero cuyas premisas lógicas nos es fácil captar.

Este principio y las inducciones que legitiman su empleo podrían resultar de la sola confrontación de tipos específicos que hubieran llegado a su desarrollo completo y regular, sin ningún conocimiento de las causas que determinan las evoluciones del organismo y de las leyes que las rigen; pero el principio adquiere un alcance completamente distinto, las inducciones adecuadas para establecer la identidad de las piezas orgánicas adquieren otra fuerza cuando podemos seguir las transformaciones del organismo en las diversas épocas de la vida embrionaria, en las distintas épocas del feto, del joven y del adulto; cuando podemos explicarnos los casos de monstruosidad, por la persistencia excepcional de fases que no figuran más que como transitorias en el curso del desarrollo normal, y llegar, por fin, a reconocer esta gran causa de diversidad entre los tipos, a saber, que lo que sólo es para uno una fase transitoria o anomalía mostruosa, se convierte para otro en una forma definitiva y normal.

Sobre datos semejantes puede fundarse la idea de la «unidad de la composición orgánica» o de un tipo común, si bien no a toda la serie de los organismos, por lo menos a una porción considerable del reino orgánico; por ejemplo, a toda la serie de los animales vertebrados. Y este principio no significa solamente, por supuesto, que todos los vertebrados tienen caracteres comunes, puesto que de otro modo no se hubiera pensado en agruparlos y designarlos mediante una apelación genérica, sino también que el tipo de cada especie del grupo, a pesar de todas las diferencias que advertimos, debe imaginarse como derivando de un tipo único, del modo que acabamos de explicar.

Así entendido este principio, ¿debe ser admitido? ¿Hay que restringirlo o extenderlo más? ¿Hay que relacionar a un tipo común, por ejemplo, no solamente las numerosas tribus de vertebrados, sino también las tribus de insectos, mucho más numerosas todavía? Evidentemente, esos problemas no son de nuestra competencia, no entran en el objeto de este libro que sólo trata del análisis de las ideas fundamentales y de su papel en la coordinación científica.

230. La idea de un plan de composición orgánica, y aún la idea de unidad de composición orgánica, generalizada hasta donde se pueda, no deben ser confundidas con la vieja idea de una «cadena de seres», de la que el naturalista sólo tendría que volver a encontrar y ordenar los eslabones dispersos; idea que había sido sugerida por la comparación de las funciones, más que por la de los organismos y condiciones típicas. Porque ya se considere el perfeccionamiento de las funciones o el desarrollo orgánico de los tipos, ya se admita uno o varios tipos primitivos, el perfeccionamiento y el desarrollo tienen la posibilidad de producirse, y se producen efectivamente, en sentidos demasiado diversos para que puedan expresarse las relaciones de los seres organizados con la ayuda de una cadena o «serie lineal», y aún para poder dársele una expresión gráfica cualquiera (*). Pero los fragmentos desprendidos del conjunto pueden tener relaciones que se expresan a menudo de manera feliz y suficientemente aproximada, por medio de eslabones paralelos o divergentes. En todo caso, la idea de un plan de composición orgánica permanece completamente independiente de los medios que podamos o no tener, para expresar total o parcialmente dicho plan, mediante signos sensibles.

Por otra parte, esta idea nos lleva necesariamente hacia la distinción fundamental entre las leyes y los hechos de los que se ocupa el naturalista, entre las cosas que tienen una razón

(*) «Essai...», cap. XVI.

teórica y las que sólo se explican históricamente (217 y sig.). Imaginemos, en efecto, que después de haber observado diversos tipos, tal como la Naturaleza nos los ofrece en su estado de dispersión o de acantonamiento geográfico, los confrontamos en nuestras colecciones o en nuestros libros, y que esta confrontación nos muestre todos los caracteres de un encadenamiento sistemático o teórico; deduciríamos que el hecho de la dispersión o del acantonamiento geográfico es accidental; que anteriormente a los acontecimientos históricos cuyo curso trajo la dispersión o el acantonamiento de las variedades típicas había, en el pensamiento del obrero divino, un plan o «esquema» de los organismos posibles, y que el objeto esencial de las investigaciones del naturalista será construir o reconstruir ese esquema, sin dar gran importancia a los accidentes particulares, históricos y locales que produjeron aquí y en tal época la realización de aquella otra variedad. Si, por el contrario, la confrontación de los diversos tipos no pone en evidencia una gradación regular, una disposición sistemática, podrá concluirse que las diferencias se deben a causas accidentales, a hechos históricos más que a razones teóricas, en cuyo caso el punto que deberá atraer preferentemente la atención del naturalista será precisamente el hecho de la distribución o del acantonamiento geográfio. Ahora bien, en primer lugar se concibe, y la observación lo confirma, que los dos casos pueden presentarse, tanto en lo que tienen de extremo y de evidente para todos, como en los matices intermediarios y más o menos indecisos que autorizan juicios diversos, de probabilidades variables y diversamente apreciadas (64). Sobre este punto, especialmente, es fácil darse cuenta de la dificultad que existe para establecer una delimitación precisa entre las ciencias naturales y la historia natural propiamente dicha.

231. Cuando quien levanta estadísticas, acumula hechos particulares para construir, por ejemplo, la tabla que expresa la ley de la mortalidad de la especie humana, no atribuye ninguna importancia científica a cada uno de los hechos aislados, poco le importa dónde y cuándo se efectuaron las combinaciones cuya comprobación le proporciona la cifra de mortalidad para una edad determinada. El fin que persigue, fin puramente teórico y de ningún modo histórico, es solamente trazar el cuadro en el que se indican todas las combinaciones posibles, con su frecuencia relativa. Hay una gran diferencia entre este ejemplo y el que nos ocupa. En primer lugar, no estamos autorizados, de ninguna manera, para afirmar que la fuerza de las cosas ha debido producir la realización de todas las combinaciones típicas posibles y la manifestación de la fórmula general de los tipos orgánicos, lo mismo que proporciona, después de algunos miles de pruebas, la manifestación de una fórmula estadística. Por variadas que hayan sido las circunstancias que influyeron en la determinación de los tipos orgánicos, no han debido serlo todavía lo bastante para que todo lo que era realizable se realizara, y para que pudiera llegarse a una fórmula teórica, enteramente libre de la influencia de hechos accidentales, de combinaciones fortuitas o de los datos históricos. Por otra parte, así como los hechos particulares que registra la estadística ordinaria son pasajeros por naturaleza y tienen en sí mismos poco interés histórico, así interesa la búsqueda, o, por lo menos, cuando esta búsqueda es imposible, la adivinación de las causas históricas que han podido determinar, para períodos tan largos de siglos, las diversidades secundarias de los tipos orgánicos y su distribución en el globo. Por todo esto, la historia natural se asemeja mucho a la historia de las sociedades humanas. Solamente la gran multiplicidad de los hechos, independientes unos de otros y, por así decir, su desmenuzamiento molecular, pueden volver a traer, por uno de esos retornos cuyo principio ya hemos indicado (212), el predominio del dato racional, teórico o propiamente científico. Esto es lo que, a continuación, se verá cada vez más claramente.

232. Es evidente que las divisiones más profundas, los rasgos fundamentales de las principales formas orgánicas, no podrían depender de influencias externas, de accidentes locales y del encadenamiento histórico de las causas que han preparado progresivamente el orden actual. No son influencias externas, accidentes locales o particularidades genealógicas las que determinaron esos grandes cortes del reino orgánico que se encuentran representados allí donde la naturaleza del ambiente no se opone en forma absoluta. En todas partes hay animales y vegetales, vertebrados e insectos, mamíferos, pájaros, reptiles, peces; carniceros, rumiantes y roedores; es preciso, pues, que esos grandes cortes respondan a un dato teórico, que dependan de un pensamiento, de un plan superior a las circunstancias históricas que han producido en nuestro globo la dispersión de las especies. No podríamos atribuir ni a un accidente histórico, ni aún a exigencias de las armonías funcionales, un dato científico tan importante como el que comprueba, en tantos puntos alejados unos de otros, a través de transformaciones tan variadas, en un grupo tan numeroso como el de los animales vertebrados, una identidad de plan que no actúa solamente sobre los rasgos generales, sino sobre la individualidad, el número y las conexiones de las piezas orgánicas. Es preciso que, al establecer

el tipo de los animales vertebrados, hayamos captado efectivamente una idea o ley formal de la Naturaleza, a la que los hechos, en su encadenamiento histórico, tendrían que obedecer. Por el contrario, el hecho (218) de que todos los monos de treinta y dos dientes se encuentren reunidos en el Antiguo Continente y todos los de treinta y seis en el Nuevo, circunstancia a la que parece difícil atribuir otra causa que la de un accidente histórico, nos dará motivos para pensar que la subdivisión del tipo de los monos en dos sub-tipos, de treinta y dos y treinta y seis dientes, no es uno de los detalles teóricamente esenciales para el plan de los organismos. El estudio de la distribución actual de los tipos orgánicos o de la sucesión de los tipos en la serie del tiempo, puede así proveernos de un criterio para la reconstrucción puramente teórica del plan mismo de los organismos (186).

CAPÍTULO IV

De la idea de fuerza en su aplicación a los fenómenos vitales. Del modo y condiciones de la acción vital.

233. A pesar de que reconocemos que el principio de la vida y de la organización es esencialmente distinto de las fuerzas a las que atribuímos la producción de los fenómenos del mundo inorgánico, también hemos tenido que darle el nombre de «fuerza», para señalar su actividad y su virtud operativa, corriendo el riesgo de oscurecer todavía más una región ya tenebrosa y de producir la confusión de las ideas por la confusión de las palabras. Tratemos de remediarlo, si es posible, mediante la claridad de los ejemplos.

Es propio de la vida establecer entre las partes del ser viviente una solidaridad, un «consenso» de reacciones armónicas, que ponen en juego fuerzas físicas destinadas a permanecer latentes e ineficaces, sin la influencia de este principio de unidad armónica, de dirección común y de solidaridad. Véase ese gran cuerpo, que vive a su manera, llamado ejército: los soldados se animan unos a otros en la marcha y en los combates; merced a una organización sabia en la que cada cual tiene su lugar, el pensamiento de un solo hombre gobierna este gran cuerpo; el valor de un solo hombre se convierte, al modificarse según los papeles, en la intrepidez de todos. Por el imperio que posee sobre la inteligencia y los brazos del soldado, el jefe gobierna ese inmenso aparato que hoy se llama el material de un ejército; hace concurrir para la realización de sus planes el instinto del corcel belicoso, los esfuerzos del animal de tiro, el poder físico de las máquinas bélicas, en una palabra, todas las energías vitales, cualquiera sea el grado de elevación o de disminución en el que se encuentren, y todas las fuerzas inherentes a la materia bruta. Hiérase al jefe, destrúyase o debilítese el principio que vivifica el cuerpo, y se tendrá lo que se llama un ejército desmoralizado, que pronto será un ejército en disolución, aunque su estructura, su distribución en divisiones, brigadas, regimientos, compañías y cuerpos de armas di-

ferentes, continúe subsistiendo todavía durante algún tiempo. ¿Cómo no reconocer en este cuadro la imagen, tan fiel como es posible, del organismo viviente, de la doble necesidad de un principio vivificante y de una estructura orgánica adecuada, del modo de acción o de fuerza que pertenece al principio vivificante, de la manera como el organismo viviente se conserva o disuelve en el conflicto con las fuerzas generales de la Naturaleza? Así como el hombre ha imitado a la Naturaleza en la construcción de sus instrumentos mecánicos, de sus aparatos de óptica, de sus utensilios químicos (145), así como, sin sospecharlo, imita a la Naturaleza viviente en la instalación de sus usinas, en los procedimientos generales que utiliza para el perfeccionamiento de su industria (224), la imita también, por instinto o por reflexión, cuando, para responder a sus necesidades de agresión o de defensa, procura organizar y dar vida a un cuerpo cuya fuerza sobrepasa incomparablemente a su fuerza individual.

234. En la hábil organización de nuestros ejércitos modernos, todo es dirigido y movido por el jefe supremo, pero utilizando ciertos intermediarios. Si bien la confianza en el talento y la suerte del general en jefe electriza a menudo a todo un ejército, la acción de un coronel que entusiasma su regimiento merece igualmente ser destacada; también es así como el organismo tiene, para la acción vital, determinados centros locales, que simpatizan entre sí, y tanto mejor subordinados a un centro dominante cuanto más perfeccionada sea la organización. Si modificamos un poco los términos de nuestro ejemplo, sustituyendo un ejército europeo de los tiempos modernos por una tribu bárbara organizada también, en cierto modo, aunque más groseramente, con menor especialización en los papeles de jefes y soldados, el ejemplo nos ayudará todavía a comprender de qué manera la Naturaleza opera en estos organismos vivientes, en los que la especialidad de las funciones es menor, y su centralización mucho menos acusada, y en los que la vida, expandida por todas partes, opera en todas ellas de manera más uniforme.

Aun para el ejército mejor organizado, sería falso decir, de modo demasiado absoluto, que el jefe es su alma o su vida. La moral de un ejército puede debilitarse o destruirse; el ejército puede caer en disolución por causas independientes al valor y capacidad de su jefe; pero si Maquiavelo ha dicho que un ejército de corderos, mandado por un león, vale más que uno de leones mandado por un cordero, no hay que tomar esta hipérbole demasiado al pie de la letra. Tendremos mayor seguridad de matar rápidamente a un hombre alojándole una bala en el cerebro o en el corazón, pero este hombre puede también perecer por la gangrena de los miembros, cuando el corazón o el cerebro están todavía intactos. Así, pues, si se preguntara dónde reside el principio vital en ese cuerpo vivo que se llama ejército, habría que decir que está en todas partes, operando de maneras distintas y que no puede ser localizado con precisión en ninguna. Puede objetarse que el ejemplo peca porque se trata de un cuerpo cuyos miembros están esencialmente aislados unos de otros. Pero esas mismas partes que, en el animal completamente formado, se articulan y reúnen como un todo continuo, existirían separadas y ya vivientes, en la formación por «epigénesis», durante las primeras fases de la vida embrionaria; tienden entonces a coordinarse, a reunirse, a soldarse. Ahora bien, ¿puede decirse cuál era la mónada dominante, dónde estaba el asiento del principio que vivificaba el todo y que desde ya preparaba la asociación armónica de las partes? Hay que reconocer que la idea de fuerza vital difiere esencialmente de la idea que tenemos de la fuerza mecánica, no solamente porque no la acompañan las ideas de orientación y de medida precisa, como tampoco la de afinidad química (139), sino también porque no podemos concebir la fuerza vital a la manera de las fuerzas mecánicas y químicas, como residiendo en un lugar determinado o como adhiriéndose a una molécula material determinada.

235. Aquí también nuestro ejemplo es típico. El ejército, como todo cuerpo vivo, experimenta pérdidas y las repara, porque mientras el principio vital lo anima, la energía vital pasa efectivamente del elemento que sale al elemento que entra. Si empleo segadores u obreros para transportar tierra o albañiles o impresores, seguirán siendo, mientras estén en mi campo, en mi cantera o en mi taller, lo que eran antes de venir, lo que serán cuando me dejen para emplearse en otra parte; en cambio el soldado de hoy, que era campesino antes del alistamiento y que volverá a serlo después de dejar el ejército, adquiere efectivamente bajo la bandera, frente al enemigo, virtudes que lo distinguen y que perderá al dejar las armas. El mismo contraste existe entre la renovación de las gotas de agua de un lago, que recupera por las lluvias lo que ha perdido por evaporación, y la renovación del cuerpo vivo por la sucesión de las partículas materiales que el organismo elimina y que asimila. Las gotas de lluvia llevan consigo, al caer al lago, las propiedades, las fuerzas físicas que les eran inherentes, sin adquirir otras y lo mismo ocurre con las que pierde por evaporación; pero las moléculas alibles, privadas de vida, se impregnan efectivamente de fuerza vital y del principio vital, por su misma asimilación al cuerpo viviente. En los

datos de la física pura, tales como nuestro espíritu los concibe, nada hay que pueda explicar un fenómeno semejante.

236. Ya esas observaciones son suficientes para comprobar una diferencia de naturaleza entre las acciones vitales y las fuerzas puramente físicas; sin embargo, unas y otras entran en juego simultáneamente, y tan sólo advertimos (independientemente de los fenómenos que ocurren en nuestra propia conciencia) la presencia de un principio vital, por los fenómenos físicos mediante los que manifiesta exteriormente su acción. Parecería que ha llegado el momento de examinar cómo podemos explicar el concurso del principio vital y de las fuerzas físicas ayudándonos, según nuestra costumbre, con los ejemplos más adecuados para aclarar el tema.

Consideremos una embarcación cuyas velas están hinchadas por el viento y que las maniobras de la tripulación dirige hacia un lugar determinado. Los miembros de la tripulación necesitan sin duda hacer un gasto de fuerzas físicas para pasar sobre la barra, para orientar las velas, desplegarlas o recogerlas según las ocasiones, para levantar o no el mástil, en una palabra, para realizar todas las maniobras que exigen la dirección y la fuerza de las corrientes, tanto marítimas como atmosféricas. No por eso es menos verdadero que el consumo de fuerzas físicas, realizado por la tripulación, no guarda proporción alguna con el consumo de fuerza motriz exigida por el transporte de la masa de la embarcación, desde el lugar de partida hasta el lugar de llegada. El hombre, por su industria, extrae esta fuerza motriz de los elementos mismos; la domina y la dirige y mientras que en el barco a remo extraía la fuerza motriz de sí mismo, gracias a la invención del velamen y de las maniobras, ya sólo da de sí lo necesario para actuar como poder director. Y al producirse la invención de la máquina a vapor, algunos mecánicos y fogoneros reemplazarán con menos fatiga todavía, el servicio de los marineros.

Nada impide imaginar (por lo menos teóricamente), que el trabajo físico que la máquina más perfecta de la actualidad exige del hombre, sea extraído de las fuerzas ciegas de la Naturaleza, con ayuda de un mecanismo todavía más perfecto, de manera que se atenúa indefinidamente la parte del trabajo físico impuesto al hombre, y se acrecienta su poder como dominador y director de las fuerzas naturales. Ya no es sobre una embarcación, sino en una usina de instalación fija, donde debemos colocarnos para estudiar el progreso continuo y en cierto modo indefinido de esta sustitución del trabajo físico del hombre por el trabajo de las fuerzas naturales, solamente dirigidas por el hombre.

237. Para levantar rocas, para cavar y atravesar montañas, el hombre necesita desplegar una fuerza mecánica enorme, y la encuentra en la expansión súbita de los gases, que produce quemando una mezcla de nitro, azufre y carbón pulverizado. La pulverización de esas materias exigió un consumo de fuerza mecánica que no guarda relación, es verdad, con la que debe desplegar la inflamación de la pólvora (150), pero de todos modos era necesaria; una corriente de agua la proporcionó. Para procurarse la chispa que incendiará los paquetes de pólvora y hará saltar la roca, un salvaje tendría que frotar durante mucho tiempo y con gran fatiga, dos trozos de madera dura; un primer progreso en las artes, dará el pedazo de hierro forjado mediante el cual, con una rápida percusión, extraemos la chispa del guijarro; más tarde la física enseñará a concentrar para igual fin, con la ayuda de un lente de vidrio, uno de los rayos que el sol nos envía, y la química producirá mezclas explosivas cuya detonación sólo exige el rozamiento de una pluma o la presencia de la luz difusa.

Así, no carecemos de los términos de comparación que puedan ayudarnos a comprender cómo el principio de vida y de organización podría intervenir y actuar, no a la manera de las fuerzas físicas, no agregando su acción a la de éstas o neutralizándolas por una acción contraria del mismo tipo, sino imprimiéndoles una dirección adecuada. Lo que el hombre hace por combinaciones reflexivas, la energía vital lo hará espontáneamente, sin conciencia de sí misma, mucho más seguro y mediante un artificio infinitamente más maravilloso; gran misterio, sin duda, pero que no es precisamente el que se trata de sondear por ahora, puesto que el problema planteado es solamente saber en qué sentido debe entenderse la expresión de fuerzas vitales. Ahora bien, en el sentido que nos indican estas comparaciones, la conciliación entre las dos escuelas fisiológicas, que se enfrentan siempre, se ofrece por sí misma; sería igualmente verdadero decir, con los vitalistas, que es necesaria la intervención de un principio especial para dirigir las fuerzas físicas en el sentido que exige la formación del organismo y el cumplimiento de las funciones vitales, y con los adversarios de los vitalistas, que la hipótesis de las fuerzas vitales (que concurren con las fuerzas físicas y a su manera, trayendo también su aporte para el consumo de unidades dinámicas (86, 147 y sig.) que requieren las funciones vitales) es una hipótesis gratuita y mal fundamentada.

238. En verdad, vemos que cuando el hombre, mediante su industria, obliga a la Naturaleza a trabajar para él, logra economizar cada vez más y a reducir a casi nada su propio con-

sumo de fuerzas como agente físico, pero no logra suprimirlo completamente, en un sentido matemático y riguroso. Le bastará, para derribar una montaña, el roce de una pluma o el acercamiento de los dos extremos de un hilo voltaico. Concedido. Pero siempre necesitará un consumo de fuerza para mover la pluma, o conseguir el contacto de los dos extremos del hilo. Ciertos adversarios de Descartes decían que éste había hecho un mundo en el que Dios solamente intervendría para dar un papirotazo; es este papirotazo el que el hombre tiene que dar todavía para poner en movimiento las fuerzas naturales después de haber dispuesto todas las cosas, por su genio y su ciencia, de manera tal que pueda dominarlas más completamente y sacar de ellas el mejor partido posible. Así, pues, ya que nos basamos en una analogía semejante, habría que admitir que el principio vital, además del poder de dirección del que le suponemos dotado, intervendría, en un grado cualquiera, por mínimo que fuera, mediante una acción del mismo tipo que la de las fuerzas físicas. Ahora bien, a la razón le cuesta admitir en un principio simple y sui generis, como aparentemente debe serlo el principio de la vida, esta doble manera de actuar, una que le sería propia, y la otra que le sería común con las fuerzas físicas, de un orden esencialmente diferente.

Existen dos soluciones para esta grave dificultad (bien entendido, del tipo de las que el espíritu humano está autorizado a pretender en estos temas); la primera, que podemos llamar lógica, y la segunda, que podemos denominar metafísica.

239. La solución lógica es la siguiente: todas las veces que en nuestros razonamientos tenemos que considerar que una magnitud debe decrecer cada vez más, hasta llegar a caer por debajo de todo grado de pequeñez determinable, sin poder, sin embargo, demostrar directamente que la magnitud acaba por anularse rigurosamente, estamos autorizados para creer que la ausencia de una prueba directa del desvanecimiento riguroso depende de la imperfección de los procedimientos lógicos de los que dispone nuestro espíritu, o del hecho de que todavía no hemos encontrado la manera de sacar de él todo el partido posible. La arquitectura del cálculo infinitesimal ha cambiado el aspecto de las matemáticas, y acrecentado enormemente el campo de sus aplicaciones, precisamente porque ha procurado los medios de sustituir razonamientos y cálculos indirectos por razonamientos y cálculos directos, fundados en el decrecimiento progresivo de ciertas magnitudes, por debajo de todo límite determinable.

Tomemos un ejemplo más sencillo. Zenón pretendía probar que las ideas que tenemos del movimiento son falsas y que, en

consecuencia, el movimiento es solamente una ilusión. Porque si suponemos dos móviles, A y B, que corren uno tras otro, y el último, que lleva la delantera (un kilómetro, por ejemplo) corre diez veces menos rápidamente, el sentido común parece indicar que A terminará por alcanzar a B, y, sin embargo, el razonamiento prueba o parece probar que no lo alcanzará jamás. En efecto, mientras A avanza un kilómetro, B avanza cien metros, y el intervalo será todavía de cien metros; al transcurrir el tiempo que A tarda en describir cien metros, el intervalo se habrá reducido a diez metros, luego a uno, luego a un décimo, a un centésimo, a un milésimo de metro, sin anularse jamás, aunque pueda llegar a ser más pequeño que la menor fracción de metro que pueda fijarse. Este es el sofisma dialéctico de Zenón, al que los matemáticos responden fácilmente mediante otro argumento hábil de razonamiento «directo», del que resulta que el primer móvil alcanzará al segundo cuando éste haya recorrido un noveno y el primero diez novenas partes de kilómetro. Basta, por otra parte, saber convertir una fracción ordinaria en decimales (41) para reconocer que esta novena parte de kilómetro tiene como expresión decimal 111, 111... metro, es decir, precisamente esa serie de términos indefinidamente decreciente que Zenón encontraba con su razonamiento indirecto; serie que no se detiene jamás y que, sin embargo, no por eso deja de representar, por la suma de sus términos en número ilimitado, una magnitud finita y determinada, cosa que Zenón ignoraba o aparentaba ignorar.

Los enemigos de Descartes no estaban, pues, completamente errados al desconfiar de su sistema en el que la intervención de una causa motora, externa al mundo, sólo estaba fundada en la necesidad de un papirotazo, de un primer impulso, por débil que éste fuera; porque, aparentemente, este desiderátum sólo se debía a un defecto de nuestra lógica, que atacaba la cuestión por caminos desviados, por no tener una influencia directa sobre este problema.

Análogamente, en el problema que nos ocupa, podría decirse que este razonamiento indirecto, del que resulta que la intervención del principio vital como fuerza física puede atenuarse cuanto se quiera, equivale en el fondo, para quien sabe interpretarlo atendiendo a todas las analogías, a algún razonamiento directo que se nos escapa, por no tener los datos convenientes o los medios adecuados para utilizarlos, y del que resultaría que esta parte concomitante puede y debe suponerse rigurosamente nula.

240. La otra respuesta se extrae de la imperfección misma de la comparación, a la que forzosamente debemos recurrir

para forjarnos una idea acerca del modo de intervención del principio vital. El hombre actúa sobre fuerzas físicas tales como el viento y el vapor, con la ayuda de ciertos aparatos mecánicos; luego, para restringir todavía más su propio consumo de fuerzas, y permanecer mejor en su papel de poder director, mueve estos aparatos mediante distintas fuerzas, sobre las que actúa por medio de otros instrumentos, y así sucesivamente; aglomera y reúne los mecanismos unos a otros; procede a esta obra de combinación reflexiva por vía de composición o de yuxtaposición, que es la que la Naturaleza sigue para la estructura de los agregados materiales que la vida no penetra. Muy distinta es su marcha cuando se trata del organismo de los seres vivos (207). Aquí procede por desarrollo interno e intususcepción. La parte más pequeña del ser organizado puede ofrecer ya un rudimento de organismo; o, por lo menos, para poder negarlo, sería preciso entrar de lleno en el atomismo dogmático, habría que poder captar la esencia de la materia, que no podemos captar, así como no podemos hacerlo con la esencia del organismo (166). Y si no tenemos ninguna influencia sobre el organismo en «estado naciente» (para utilizar la expresión de los químicos), ¿cómo podríamos afirmar que es preciso un consumo infinitesimal de fuerza física para determinar este primer nacimiento del organismo? Basta, sin embargo, el primer rudimento de organismo y el primer comienzo de acción vital para que, en sus desarrollos ulteriores, nuestro entendimiento conciba muy bien la intervención de la acción vital como causa puramente coordinadora y directora de las fuerzas físicas propiamente dichas.

241. Todos los días oímos decir, y con razón, que la influencia moral multiplica las fuerzas. La excitación del ejemplo, la perspectiva de lograr un honor, un adelanto o la gloria, el amor a la ciencia o a la humanidad, el conocimiento de un peligro para nuestros seres queridos o nosotros mismos, nos hacen encontrar, para el cumplimiento de un acto físico, fuerzas de las que no nos hubiéramos creído capaces y de las cuales, en realidad, no seríamos capaces sin esa exaltación moral. ¿Es decir que la excitación moral crea una fuerza muscular que no existía? No, pero pone en movimiento, como consecuencia de relaciones de las que sólo tenemos una idea muy imperfecta, una fuerza muscular que, de otro modo, no hubiera tenido la ocasión de desplegarse. Actúa como el obrero que inclina la mecha hacia el reguero de pólvora, y de este modo hace saltar la montaña. Desde este ejemplo, sacado de las regiones más elevadas de los fenómenos vitales, descendamos a otros, tomando fenómenos más generales y menos complejos. Si hemos de

creer ciertas experiencias fisiológicas, un haz de fibras organizadas, mientras están animadas por la vida, soporta, sin romperse, una tracción suficiente para determinar su rotura cuando la vida las ha abandonado. ¿Acaso esto significa, necesariamente, que las fuerzas puestas en juego para impedir la rotura son en un caso fuerzas puramente físicas, y en el otro las mismas fuerzas a las que se agregan fuerzas de otra naturaleza que desaparecen con la vida? De ningún modo, porque bien podemos admitir, y creemos que esto es mucho más filosófico, que la influencia de la vida, la sensibilidad o la irritabilidad de los tejidos, determinan momentáneamente la producción de nuevas fuerzas físicas y suscitan corrientes eléctricas, por ejemplo, cuya acción pasajera (así como la disposición orgánica que la produce) se agrega a las acciones que ejercen, y que continúan ejerciendo después de la muerte de las fuerzas físicas de otra categoría, tales como aquellas a las que damos especialmente el nombre de atracciones moleculares. Una materia animal, cuya acción vital previene la descomposición, se descompone por el juego de afinidades químicas, apenas la vida se retira de ella; el ácido que coagula la sangre al salir ésta de la vena, no produce el mismo efecto mientras es arrastrado juntamente con la sangre en el torrente circulatorio. ¿Concluiremos de esto que la vida actúa a la manera de las afinidades químicas, para neutralizarlas temporariamente, como las reacciones básicas neutralizan las reacciones ácidas, mientras la base y el ácido están en presencia uno de otro? No; preferimos explicar el fenómeno, admitiendo que la acción directora del principio vital pone en juego corrientes u otras fuerzas químicas capaces de neutralizar, temporariamente, las afinidades que tienden a la descomposición de la materia orgánica, o las fuerzas moleculares que efectuarían, en ausencia de esta traba, la coagulación de la sangre.

242. Quizá la distinción parezca sutil o nebulosa a los lectores poco versados en ciencias físicas; pero tenemos la esperanza de que los físicos y los químicos, si alguno de ellos nos lee, captarán prontamente su sentido y alcance. Más aún, este problema es de los que implican, por su naturaleza misma, y que recibirán un día una solución positiva y verdaderamente científica. En efecto, sabemos que ciertas leyes presiden el despliegue de las fuerzas físicas y su conversión de unas en otras (libro II, Cap. VII); la aplicación de estas leyes debe encontrarse, y ciertamente así ocurre, ya se trate de fenómenos físicos que se producen sin la intervención del hombre, aunque al alcance de sus ojos, ya se trate por el contrario, de fenómenos que tienen lugar en un aparato físico, en una máquina cuyos

movimientos, juego y acción son regulados, vigilados, gobernados por la acción humana. Si la ciencia experimental avanzara lo suficiente como para que pudieran observarse, medirse, compararse todos los efectos mecánicos, termométricos, eléctricos y químicos, que se producen a la vez en la máquina viviente para el cumplimiento de las funciones vitales, podría examinarse si todo esto está conforme con lo que sucede en la máquina física que gobierna el hombre; en caso afirmativo, la razón concluirá que el principio vital mismo sólo interviene por su acción directora, o bien se comprobarán diferencias que no podrían explicarse razonablemente, a menos de admitirse que las fuerzas vitales no se limitan a imprimir una dirección a las fuerzas físicas, y que ellas mismas son una causa productora de fuerza física.

243. Hemos visto más arriba (110) qué se entiende en mecánica ordinaria por principio de reacción correlativa a la acción. Este principio es ciertamente uno de los que pertenece a esa dinámica superior, cuya idea concebía Leibnitz y que sirve, tanto para explicar los fenómenos más delicados del organismo, como para los movimientos de los cuerpos inertes (*). ¿Acaso los fisiólogos, los médicos no hablan sin cesar de acción y reacción? ¿No se dice diariamente en medicina, como se dice en física, y también en moral o en política que toda acción produce una reacción? Ahora bien, si esta proposición se aplica en fisiología lo mismo que en física, a propósito del juego de las fuerzas vitales como a propósito del juego de las fuerzas mecánicas, está de acuerdo con las reglas de la analogía, que se aplique también a propósito del conflicto entre las fuerzas y los agentes físicos o mecánicos. Hemos tenido que atribuir al principio de los fenómenos vitales, una influencia y una acción dirigente con respecto a las fuerzas físicas; la reciprocidad, la reacción o la acción correlativa debe consistir y consiste, en la propiedad que tienen los agentes físicos de provocar, excitar, estimular por su influencia la energía de las fuerzas vitales. Estos términos tienen en fisiología, en medicina, un sentido que todos comprenden. Ni el médico, ni aun el hombre de mundo confundirán la manera de actuar del contraveneno (que neutralizará en el estómago, como lo haría en una retorta, la sustancia venenosa introducida, formando con ella una combinación química que nada tiene de perjudicial) y el modo de acción del tónico o estimulante que provocarán una reacción vital, ora en el organismo entero, ora en determinado aparato orgánico; por ejemplo, que excitará el estómago para que éste

(*) «Essai...», cap. XI, Nº 154.

haga un esfuerzo a fin de arrojar el medicamento introducido al mismo tiempo que la sustancia venenosa.

244. Ya hemos observado (180) que no podríamos emplear convenientemente estas expresiones a propósito de acciones y reacciones entre agentes puramente físicos. Por ejemplo, si se pone en un balón de vidrio una mezcla de cloro e hidrógeno, en estado seco y gaseoso, y se expone el balón a los rayos solares, de pronto los dos gases se combinarán con explosión para formar el compuesto que llamamos hoy ácido clorhídrido; ahora bien, la acción de los rayos solares no excita, sino que determina la acción de la luz, porque cualquiera sea la acción de la luz en esta circunstancia (cosa que ignoramos absolutamente) no admitimos que pueda comunicar aptitudes nuevas a la materia, ni alterar las fuerzas indestructibles e inagotables, siempre inherentes a las partículas de la materia inorgánica. La influencia de la luz solar debe limitarse a colocar las partículas gaseosas en una situación o en condiciones tales, que las tendencias químicas que subsisten siempre y que hasta entonces no habían podido operar una combinación instantánea, sean capaces de determinarla. La permanencia de las tendencias químicas impide que puedan ser estimuladas o embotadas, aunque mediante una aplicación conveniente de los agentes externos, sea posible secundar o contrariar sus efectos.

Por el contrario, cuando vemos que, en cada primavera, la influencia de la luz y el calor solares vuelven a traer la vegetación, decimos que esos agentes físicos excitan, estimulan, exaltan la vida de las plantas (en mayor cantidad y más rápidamente unas que otras, a pesar de la gran semejanza de las condiciones físicas), y no que determinan las evoluciones vitales. Porque sería preciso invertir todo el sistema de nuestras ideas para que no admitamos que el principio verdaderamente operante y activo reside en la planta misma, aunque para actuar espere ser solicitado por influencias externas que le advierten (siempre que sea lícito emplear, a falta de otras, esta expresión metafórica) que llegó el momento de actuar y que las circunstancias son propicias. ¿Por qué, en el instante del despertar de la energía vital y plástica, esa producción lujuriosa que hace que la yema crezca en algunos días de primavera más que lo que crecerá durante todos los meses de verano? La razón no puede estar en el cambio de las condiciones físicas de temperatura y de exposición solar, sino en el reposo invernal antecedente, que ha reparado las fuerzas vitales fatigadas y les ha permitido desplegarse con un aumento momentáneo de energía.

245. Si se pensara que el contraste no es todavía suficientemente sensible, no habrá más que ascender algunos grados en la escala de los organismos. Véase esas tribus de pájaros que, en el momento del despertar de las plantas, también despiertan, y se dan por entero a la tarea de la construcción de débiles y graciosos edificios que deben servir de cunas para su cría; ¿acaso acude a nuestra mente que las influencias físicas de temperatura y exposición solar, intervienen como fuerzas principales o determinantes y no solamente como causa de excitación de las fuerzas vitales e internas a las cuales conviene atribuir la producción de esos maravillosos fenómenos? Elevémonos todavía más siguiendo la escala de los fenómenos vitales; lo que designamos con los términos vagos de excitación o irritación (por no encontrar en nuestro entendimiento una representación neta de aquello que no podemos captar, ni por los sentidos externos, ni por el sentido íntimo), se convertirá en la sensación propiamente dicha; y cuanto más pierda esta sensación, para el animal de clases superiores, sus cualidades afectivas adquiriendo en compensación la virtud de engendrar una percepción más distinta y clara, tanto más se verá que la influencia externa no es más que la ocasión, la condición del despliegue de una fuerza cuyo principio es interno. La vista de un género rojo excita al toro, y se comprende bien que la acción del rayo rojo sobre la retina del animal, no hace sino provocar la conmoción nerviosa y el acceso de furor que es su consecuencia; pero, cuando la vista de un pedazo de carne ensangrentada, sin excitar en el animal carnicero una agitación apasionada, le previene solamente que hay allí una presa para cazar, y le hace ejecutar los movimientos necesarios para apoderarse de ella, la distinción entre la influencia externa que provoca y la fuerza interna que opera, se hace tan evidente como posible.

Los actos que el ser viviente cumple, en virtud de las fuerzas vitales internas o «instintivas» nos parecen tanto más marcados por el carácter de «espontaneidad», cuanto menos intensidad parece tener en sí la causa. El acto rigurosamente espontáneo, sería aquel que se cumple en ausencia de toda influencia externa y provocadora, únicamente como consecuencia de la naturaleza del ser viviente, por la sola energía de las fuerzas que le comunican el movimiento y la vida. No conocemos bastante esa dinámica superior de la que hablábamos hace un momento, ni la razón profunda de la reciprocidad entre la reacción y la acción, para atrevernos a afirmar que nada hay contrario a la posibilidad de un acto espontáneo, con una espontaneidad rigurosa absoluta y en cierto modo matemática. Pero poco importa en el fondo la solución dada a esas cuestiones sutiles; es suficiente con que la observación compruebe que, en una gran cantidad de casos, la poca energía de las influencias externas las hace insensibles, las borra ante nuestros ojos, mientras que el acto que por esa razón calificamos como espontáneo, excita nuestros sentidos y opera fuera de los efectos, a menudo considerables, y seguramente sin ninguna proporción con las causas físicas cuya acción podría admitirse que ha estimulado el instinto o excitado el despliegue de las fuerzas vitales.

246. Hay que señalar aquí otro carácter general de las manifestaciones vitales: el de estar sometidas a la influencia de la «costumbre». Se dice que la costumbre es una segunda naturaleza, y hasta cierto punto podría decirse, también, que la naturaleza de un ser vivo no es más que un hábito congénito y hereditario. Nada semejante a la costumbre puede observarse en el orden de los fenómenos puramente físicos: las corrientes que transportan un bloque de piedra pueden disminuir su masa o redondear sus ángulos, pero el bloque no adquirirá por eso una mayor aptitud para moverse, ya que será necesario siempre el mismo consumo de fuerza, para imprimir igual velocidad, a cada kilogramo de piedra que compone el bloque. Podrá repetirse indefinidamente la combinación y la disociación de un ácido y de una base, sin que el ácido y la base adquieran por eso mayores aptitudes para combinarse o disociarse de nuevo. Por el contrario, en todos los fenómenos vitales, hay una tendencia manifiesta a la imitación, a la repetición de los mismos actos. A esta tendencia parece deberse la reproducción de las variedades individuales en el curso de las generaciones sucesivas, la consolidación progresiva de los caracteres de la raza y quizá, de los caracteres específicos. En el individuo, la imitación, la repetición de los mismos actos, engendra el hábito, se convierte en el principio de la educación de todos los sentidos, del funcionamiento regular de todos los aparatos, del perfeccionamiento o de la perversión de las funciones, facultades e instintos; crea por entero, por así decirlo, las variedades individuales o desarrolla su germen innato en el individuo. Considerada en los animales superiores y en las funciones cerebrales de orden más elevado, la tendencia a la imitación, a la repetición, el hábito en una palabra, se convierte también en el principio de la asociación de las sensaciones, de las ideas, tales como el animal puede tenerlas, y de todos los fenómenos de imaginación y de memoria, en el grado correspondiente a la naturaleza animal.

Por ese lado, las influencias externas que sufre el ser vivo, adquieren indirectamente una eficacia que sobrepasa en mucho los efectos inmediatos. Una influencia, apenas sensible, provocará inmediatamente una reacción tan poco aparente como ella; sin embargo, esta reacción, al convertirse en el germen de un

hábito podrá luego modificar profundamente la constitución del ser vivo, sus funciones, sus actos y formar el primer eslabón de toda la cadena de los destinos que lo espera.

247. Si para los seres vivos existe un principio de determinación interna que depende del hábito, del ejercicio anterior (ἄσκ ησις) y que no tiene ninguna analogía con los fenómenos del mundo inorgánico, se infiere que el conocimiento o previsión de los efectos futuros, queda subordinado a condiciones diferentes, según se trate de fenómenos puramente físicos, o de aquellos en los cuales los seres vivos desempeñan un papel. Para quien conoce las leyes inmutables que gobiernan la materia inerte y la configuración, la situación actual de todas las partes del mundo material, el presente está pleno del futuro (*); los cálculos más complicados, que sobrepasan en mucho nuestras fuerzas actuales y que siempre excederán nuestras posibilidades, serían sin duda necesarios para extraer el uno del otro, pero esta dificultad práctica en nada altera las condiciones esenciales de la previsión o del conocimiento.

Si interviene la acción de los seres vivos, esas condiciones, por el contrario, cambian. Ya no es suficiente conocer el estado actual y ciertas leyes inmutables; hay que conocer las fases anteriores que, por influencia del hábito contraído, o de un principio de reproducción e imitación que depende del hábito, puedan ser la causa determinante de fenómenos ulteriores y modificarlos diversamente, sin que pueda decirse que las leyes permanentes y las disposiciones actuales hayan cambiado. He ahí dos perros, que están en la misma posición frente a una presa que se les ofrece; el mismo instinto urge a ambos a apoderarse de ella, pero uno de los perros ha sido abandonado siempre a su instinto y el otro ha sido castigado cuando le cedía en iguales circunstancias. ¿Se sostendrá acaso que bastaría un microscopio suficientemente poderoso para descubrir en la estructura de las fibras de sus cerebros, algo que haga prever que uno se arrojará sobre la presa, mientras que el otro se abstendrá de tocarla? Es, en efecto, lo que deben sostener todos aquellos que pretenden que los fenómenos vitales no son más que fenómenos materiales, de igual naturaleza que los otros, aunque más complicados. Pero desde el momento que se desecha esta tesis como insostenible, hay que reconocer que la previsión del acto que cumple el animal exige que se conozca, además de su organización actual y las leyes generales del organismo, el hecho de haber sido precedentemente objeto de castigos por haber cedido a su instinto en condiciones similares.

(*) «Essai...», cap. XX, Nos. 302 y sig.

Con este conocimiento perfecto, no solamente de las leyes generales y de las circunstancias actuales (lo que bastaría para los fenómenos de orden físico), sino también de las circunstancias anteriores, admitimos que el fenómeno futuro, en el que las fuerzas vitales intervienen, comportaría una previsión rigurosa, semejante a la que tiene por objeto los fenómenos físicos; en otros términos, estaría rigurosamente determinado de antemano. Lo admitimos, afirmamos, no porque esto pueda ser establecido ni confirmado por ninguna prueba, sino en virtud de esta máxima suprema de nuestra razón, de que nada puede suceder sin que tenga su razón de ser, razón susceptible de ser percibida previamente por una inteligencia suficientemente penetrante.

248. Podría abstraerse la influencia del hábito, y todavía tendríamos que considerar en las condiciones de la previsión o de la determinación «in futurum», de los fenómenos sometidos a la influencia de la vida, la propiedad que las fuerzas vitales parecen tener de variar con el tiempo, e independientemente de las circunstancias externas; por esto, estamos autorizados a creer que difieren esencialmente de las fuerzas físicas (178). La propiedad del ácido de saturar una base no se fatiga, no se agota por manipulaciones repetidas, así como la repetición o el hábito tampoco la aumentan ni facilitan su ejercicio. La máquina que se ensució y ya no funciona, recuperará su ritmo si se la limpia y se vuelve a engrasar sus resortes; o si la máquina está usada efectivamente, el desgaste no consistirá más que en la alteración material de las piezas, y no ataca las fuerzas físicas en su virtud esencial, de manera que el mecánico puede predecir, después de una inspección atenta de la máquina, cómo funcionará en el futuro, sin necesidad de preguntar (si no es para ahorrarse el trabajo de un examen minucioso) la fecha de su construcción y su certificado de origen. Por el contrario, todo nos indica que el principio vital se agota al actuar (205), independientemente del estado material de los órganos sobre los cuales y por los cuales actúa; de manera que, para determinar todo aquello de que es capaz, no bastará conocer la disposición actual de los órganos y los detalles más minuciosos de su estructura orgánica; además, habrá que tener en cuenta un dato cronológico, y el estado de los órganos es solamente su signo incompleto e incierto. Lo que la observación más vulgar parece indicar para los seres vivientes considerados individualmente, ¿podría una observación más sabia confirmarlo en lo que respecta a los destinos de las especies? Problema grave y misterioso, que nos formularemos repetidas veces, al avanzar en nuestras investigaciones.

CAPÍTULO V

Del paso de los fenómenos físicos a los fenómenos vitales. De la generación y sus diversos modos.

249. El orden de nuestras investigaciones nos prescribía considerar, en primer lugar, el cuadro de los fenómenos vitales en su conjunto, para captar sus rasgos más generales y los contrastes más evidentes con el conjunto de los fenómenos que nos ofrece el mundo inorgánico. Estos contrastes son, en efecto, lo que más resalta, pues los espléndidos desenvolvimientos del organismo los ponen en plena evidencia. Por el contrario, nada más oscuro para nosotros que el paso de un orden de fenómenos a otro; y, sin embargo, lo poco que podremos descubrir jamás sobre la esencia de las fuerzas vitales, sobre el principio activo de la vida, sólo se pondrá en evidencia en la medida en que nuestras observaciones puedan incidir sobre ese punto culminante en el que el movimiento vital comienza y el organismo aparece en estado naciente.

Ahora bien, todo esto ocurre en la esfera infinitesimal en la que el ojo humano sólo puede penetrar mediante la ayuda de instrumentos, y sobre todo con el auxilio de métodos de una ciencia perfeccionada, aprovechando todos los recursos que proporciona un cotejo atento de todas nuestras teorías científicas. Así puede afirmarse que, hasta los tiempos más modernos, los filósofos y los sabios no tenían, como tampoco el vulgo, ninguna noción precisa sobre el paso de los fenómenos físicos a los fenómenos vitales. Solamente dos cosas llamaban la atención de todos, a saber: la necesidad de ciertas dosis de calor y de humedad, para excitar o mantener la vida de los animales y de las plantas, y en los animales, la existencia de una respiración, o de un soplo, que se identificaba con la vida misma. Sobre todo, las condiciones químicas de la vida quedaban absolutamente ignoradas; y, sin embargo, deben ser las más precisas de todas, puesto que la química es, esencialmente, la más precisa de las ciencias de la Naturaleza (139).

250. El descubrimiento de los radicales químicos ha modificado, pero no desplazado, la noción que los antiguos filósofos tenían acerca de los «elementos». Ha transportado al orden de los hechos cosmológicos y vitales una noción que se consideraba perteneciente a la física pura, a la física teórica. La cantidad de los radicales de la química moderna no guarda ninguna proporción con la de los antiguos elementos, pero, entre esos radicales, sólo hay un número muy pequeño que goza de la doble prerrogativa de desempeñar un papel importante en los fenómenos cosmológicos que podemos estudiar en nuestro planeta y, además, entrar fundamentalmente en la composición de los organismos vivientes. El azufre, químicamente, es semejante o sucedáneo del oxígeno; ambos forman parte, con perfecta simetría, de diversas fórmulas químicas, mientras que contrastan extrañamente por sus papeles cosmológicos y biológicos. Merced a su estado gaseoso, el oxígeno rodea nuestro planeta por todas partes; penetra su corteza, se convierte en el agente principal de todas las combustiones rápidas o lentas, de todas las reacciones químicas, de todos los desprendimientos de fuerzas eléctricas y al mismo tiempo, por una coincidencia notable, es el alimento más esencial de la vida, «pabulum vitae». Se encuentra en presencia de otro gas, igualmente simple desde el punto de vista químico, pero único en su género, que goza de propiedades químicas y físicas más especiales aún, y hacia el que tiene una poderosa afinidad; el resultado de su unión es constituir un cuerpo que llamamos «agua», en el que la química moderna ve, con razón, un cuerpo compuesto, pero que no por eso deja de desempeñar, juntamente con el aire atmosférico, el papel de materia prima, de elemento verdadero, en todos los fenómenos cosmológicos que observamos sin cesar, y sobre todo en la economía viviente, a la que suministra material, vehículos, medios de generación y de alimentación sustancial, mientras que el azufre, por ejemplo, combinado con el hidrógeno, al producir un compuesto al que el álgebra química considera como correlativo del agua, sólo da un gas fétido y un veneno atroz.

La Naturaleza ha juzgado conveniente unir dos singulares radicales químicos, al oxígeno y al hidrógeno, el carbono y el nitrógeno, que no tienen la misma importancia que los otros dos, ni desde el punto de vista de la química pura, ni de los fenómenos cosmológicos, pero que son imprescindibles para la economía viviente. Los dos primeros radicales y el compuesto que de su combinación resulta, figuran de igual modo en las dos grandes secciones del reino orgánico, mientras que los dos últimos tienen, en la economía vegetal y en la economía animal, papeles inversos. Los vegetales fijan el carbono en sus tejidos,

de donde lo extraen los animales, no para alimentarse de él, sino para quemarlo interiormente y desarrollar así el calor que se convierte en principio de su poder como agentes mecánicos (147). Por otro lado, los animales tienen que seleccionar en los tejido y jugos vegetales las materias nitrogenadas que sólo existen en ellos en cantidades muy pequeñas, mientras que dominan en los tejidos y jugos animales, que adquieren así una constitución química generalmente más compleja.

Toda esta admirable economía queda subordinada a ciertos caracteres químicos, muy particulares, del carbono y del nitrógeno, y, sin embargo, la razón no puede admitir que tales particularidades, tales accidentes, sean la verdadera razón, el principio determinante de una armonía tan bella, en la que la unidad y los contrastes se realzan mutuamente. La esencia de la distinción del tipo vegetal y animal debe, pues, estar en otra parte, en una idea superior, que adapta las cualidades de los materiales que utiliza, al fin que persigue, y más generalmente todavía, la esencia, la razón de la vida no puede residir en las propiedades que caracterizan químicamente los cuatro radicales que elige la Naturaleza para proveer la materia o substrátum material.

Es imposible negar que el agua y el aire atmosférico, que el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno hayan preexistido a toda manifestación vital; es imposible, en consecuencia, sostener que el ejercicio de las funciones vitales sea lo que las ha constituído como elementos o especies químicas y lo que, poco a poco, ha formado el depósito en el que se aprovisionan las generaciones actuales. El problema de la transmutabilidad de los elementos químicos unos en otros, siempre queda pendiente; pero es claro que la solución que puede tener permanece independiente de las nociones que podríamos adquirir sobre lo que constituye la esencia de las acciones vitales. La heterogeneidad química estaba constituída, de cualquier modo, antes que apareciera la vida; uno es el fenómeno antecedente, dominante; otro el fenómeno consecutivo y subordinado, si bien no en el orden de la finalidad, que conocemos tan poco, por lo menos en el orden de la causalidad y el encadenamiento racional, que la observación y el razonamiento nos aclara.

El carbono no está precisamente en el mismo caso que sus coasociados. Los grandes depósitos fósiles de carbón tienen un origen evidentemente orgánico; ha podido sostenerse, sin que sea demasiado inverosímil, que los enormes bancos calcáreos, en cuya composición entra el carbono, tienen como origen la acumulación de los despojos de animales marinos y la dosis de ácido carbónico mezclada al aire parece tan pequeña, que podría decirse que sólo se encuentra en él, porque los seres organizados

0/48956

tienen el poder de fabricarse, ellos mismos, a la larga, la provisión de carbono que necesitan. Pero, sin entrar en el examen de las experiencias directas que militan contra esta formación por entero de los elementos químicos, por la acción de las fuerzas vitales, es suficiente con que sea claramente inadmisible en lo que concierne al hidrógeno, oxígeno o nitrógeno, para que la razón tienda a rechazarla en lo que concierne al carbono, el cual, por el modo como se comporta en las reacciones químicas, tiene tantos derechos como ellos para ser considerado como elemento primitivo e irreductible.

251. Además de esos cuatro radicales, hay otros que componen constantemente determinadas partes de los animales y plantas, cuando éstas han alcanzado su desarrollo total y su perfección orgánica completa. El huevo del pájaro está rodeado por una cáscara calcárea y sus líquidos internos contienen azufre; tiene hierro en la sangre, fósforo en los huesos, en el cerebro y el esperma; las plantas terrestres dan sales de potasio y las plantas marinas sales de sodio, por su incineración; un trozo de trípoli encierra los despojos de millones de pequeños animales de caparazones silicosas, y la paja de nuestros cereales exige también sílice.

Podemos decir de estas especies químicas, lo mismo que lo que hemos dicho de los cuatro radicales esenciales: la hipótesis que supone su producción en el acto mismo de la vida, queda refutada tanto por experiencias directas, como por consideraciones teóricas que aquí no tienen un menor valor. El poder organizador de la naturaleza emplea toda suerte de materiales para variar sus tipos y enriquecer los detalles de su plan. Saca partido de todas las cosas, pero no lo hace de manera indiferenciada; así, por ejemplo, la sílice, tendrá mucho menos importancia en el desarrollo de la organización animal que la que tienen las sales calcáreas, y una importancia infinitamente menor que el carbono en la organización vegetal, aunque algunos químicos hayan pretendido comparar el carbono y el silicio, por sus caracteres químicos. Por último, un gran número de radicales químicos, cuya importancia geológica es casi nula, no desempeñan absolutamente ningún papel en la economía viviente.

Por otra parte, no hay que perder de vista que los radicales químicos empleados, aún de una manera constante en ciertas partes del organismo, además de los cuatro enunciados en primer lugar, sólo se fijan a la larga, como consecuencia de una selección que los seres vivos operan en el seno del mundo ambiente, a medida que viven, se desarrollan y se nutren en él; y que en el organismo naciente, en los órganos primitivos que son punto de partida y sede originaria de las acciones vitales, sólo debe

esperarse encontrar los cuatro radicales esenciales y sus compuestos.

252. Aquí se presenta un hecho fundamental. Los cuatro radicales que entran esencialmente en la composición de las materias orgánicas, se prestan (como lo ha mostrado la ciencia contemporánea) a una prodigiosa variedad de combinaciones y transformaciones, gran cantidad de las cuales se producen en el ejercicio mismo de las funciones vitales, y un mayor número todavía son producidas por nuestras manipulaciones artificiales. Todas estas combinaciones, de fórmulas muy complejas, parecen mantenerse solamente por afinidades muy débiles, y así son muy poco estables (140). La analogía, la simetría de la composición química que presentan esos diversos productos, tanto los que se forman bajo la influencia del trabajo orgánico, como los que creamos artificialmente, apoyan la idea de que el poder vital sólo interviene efectivamente en la formación de los primeros, por una influencia directora (237) que utiliza aptitudes químicas de la materia, pero nada les agrega, exactamente como lo hace el químico en su laboratorio. Es verdad que nuestra industria sólo crea los productos artificiales y complejos de la química orgánica, haciendo reaccionar, unos sobre otros, productos que, en su mayoría (a pesar de que ya no tienen rastros de organización, como el alcohol o el azúcar, no más de las que contiene el agua pura) no hemos podido obtener todavía, como el agua, con elementos directamente tomados del mundo inorgánico; pero puesto que la dificultad ha sido vencida para algunos de esos productos, que en nada parecen distinguirse esencialmente de otros que ofrecen una composición simétrica o análoga, es de crerse que podrá ser vencida para todos o que, en todo caso, depende de particularidades accidentales que no deben modificar nuestras concepciones teóricas. El argumento es de la misma naturaleza que el que ha sido empleado para mostrar que la distinción de los radicales químicos precede, por lo menos potencialmente, la intervención de las acciones vitales o, en otros términos, que la fisiología está subordinada a la química y no la química a la fisiología.

253. Para acercarnos al punto en el que los fenómenos vitales se insertan en los fenómenos químicos, hay que considerar aquellas materias orgánicas que ofrecen todavía rastros de organización que puedan ser objeto de una anatomía, no de esa anatomía que se aplica a cada órgano, a cada aparato orgánico en particular, para describir su estructura general, conforme a cierto tipo determinado, sino de esa anatomía infinitesimal o microscópica, que se ocupa de los primeros elementos del organismo: células, granulaciones, núcleos, glóbulos, que entran en la composición de los tejidos y de los humores y cuyas formas no parecen estar más relacionadas con las formas de las grandes piezas del organismo, que la relación que guardan con las líneas arquitectónicas de un edificio, la configuración de los bloques de piedra, cantos rodados o granos de cemento empleados en su construcción. Todo parece indicar que, después de la trituración, y en consecuencia de la destrucción del ser viviente al que han pertenecido esos materiales o residuos orgánicos, pueden conservar durante mucho tiempo todavía, restos del movimiento vital que los ha animado, manifestando por diversos síntomas, y sobre todo por su aptitud para depositar, mediante la formación de nuevos organismos (cuando las circunstancias se prestan y están bajo la acción de un estímulo conveniente), la vida que todavía los impregna. Tal es el fundamento de la idea de «moléculas orgánicas», que se ofreció al pensamiento de filósofos y naturalistas, mucho antes de que pudiera ser sometida al crisol de la investigación científica, cuyo elocuente promotor fué Buffon, y que la ciencia moderna acepta en el sentido que acabamos de explicar, sin consagrar por eso las teorías generales que quisieron construirse a priori sobre esta única idea.

Vemos estos residuos orgánicos determinar, por su sola presencia, en medios que perdieron todo rastro de organización y que ya no podemos considerar más que como compuestos químicos, el fenómeno conocido bajo el nombre de fermentación», a continuación del cual se opera una transformación química, y los átomos químicos se encuentran agrupados de otra manera, según otra fórmula. Por otra parte y al mismo tiempo, las moléculas orgánicas se transforman, se dividen, se agrupan y dejan aparecer organismos nuevos, animales y vegetales microscópicos, de duración efímera, de organización muy inferior si la comparamos con la de los seres vivos, animales o plantas, que atraen generalmente nuestra atención y de los cuales provienen esos desechos.

Todo parece indicar que el punto de contacto entre las dos series de fenómenos, está efectivamente allí: por un lado se trata de las más ínfimas producciones de las sinergias plásticas, por otro vemos figurar las más complejas combinaciones químicas, las menos estables, las que reclaman de algún modo una causa motora externa, para suplir la energía insuficiente de las fuerzas puramente químicas. Sin embargo, si el azúcar, el alcohol, el ácido acético, son cuerpos química y no orgánicamente constituídos, y cuya constitución está regida por fórmulas verdaderamente químicas, será preciso que la conversión de una de esas substancias en otra, sea ella misma por su naturaleza un fenómeno químico, en el cual las acciones vitales, cualesquiera

que sean, sólo intervienen de una manera accesoria y ocasional, mientras no hayamos encontrado medios puramente químicos para producir esa conversión. En cambio, nada hay en los principios de la química que pueda explicarnos la formación de esos organismos, tan inferiores, que vemos aparecer en el fenómeno de la fermentación, como consecuencia de dicho fenómeno (204).

254. Abordemos, pues, directamente y en toda su generalidad, las ideas que se relacionan con ese maravilloso fenómeno de la «generación», y que actúan sobre el sistema entero de nuestras ideas, ya que tanto los filósofos como los mitólogos y los poetas, han buscado preferentemente sus comparaciones, alusiones, imágenes y símbolos en el acto que la Naturaleza rodeó de mayor misterio y que ha sido considerado, en consecuencia, como la expresión de su virtud más íntima y más esencial. Veamos hasta qué punto esta concepción, a la vez filosófica y poética, se concilia con una crítica exacta de los hechos adquiridos por la observación.

El modo de reproducción vivíparo, propio del hombre y de los animales vecinos al hombre, no constituye, sin embargo, (todos lo saben hoy), más que una desviación accidental y más aparente que real, de la marcha general. «Omne vivum ex ovo». El huevo es un producto orgánico ya muy complicado, en el que el anatomista distingue, en primer lugar, el germen o embrión rudimentario del nuevo ser, luego las membranas que lo envuelven y protegen y, por fin, los tabiques que sirven para almacenar los alimentos de los que deberá nutrirse mientras permanezca prisionero en esas envolturas.

255. El germen vegetal o animal, tal como podíamos observarlo antes que los instrumentos y procedimientos de la micrografía se hubiesen constituído regularmente, parecía ya una planta o un animal en miniatura, y de allí la idea de la «preexistencia» o del «encaje» de los gérmenes al infinito, idea según la cual no habría, hablando con propiedad, una procreación sucesiva de individuos nuevos, sino el desarrollo sucesivo de individuos creados todos, desde el primer momento, con los primeros representantes de la especie. ¿Fué con el primer padre o con la primera madre? No hace mucho tiempo todavía, se discutía este tema, aun cuando se estuviera de acuerdo sobre el fondo del sistema, por extravagante que esto nos parezca hoy. A la luz de un postulado metafísico como el de la divisibilidad de la materia al infinito, podía contestarse a todo, aun cuando no fuera según las indicaciones del sentido común, por lo menos según las exigencias de una lógica abstracta. Sin embargo, era preciso admitir la preexistencia y la

coexistencia, no solamente de los millares de gérmenes que efectivamente alcanzan la existencia sensible, sino también de todos aquellos, cuyo número es mucho mayor, que hubiesen podido llegar a ella, de no mediar circunstancias fatales y que nunca la alcanzan. Por otra parte, para seres como los vegetales, que poseen además la facultad de reproducirse por yemas, y que ofrecen en cierto modo, yemas o brotes en todas partes, había que admitir que cada yema contenía también millares de gérmenes y de miniaturas vegetales, encajadas unas en otras, y casi todas inútiles. En efecto, por algunos perales o durazneros que el hombre podría llevar a un desarrollo completo, con la ayuda del injerto, en nuestros bosques habría muchos olmos y encinas, para quienes sería en vano ese despilfarro de creación primordial.

Pero sabemos ya a qué atenernos en cuanto al concepto de la infinita pequeñez, en su aplicación a los fenómenos cósmicos (188). En lo que concierne especialmente al problema actual, basta observar que los investigadores asisten hoy al trabajo orgánico de la formación del germen o del embrión, formación que se produce por entero, en un campo definido por el acercamiento progresivo de partes separadas, o, como se dice, por epigénesis (234), en una escala que varía de una especie a otra, pero que no se acerca, por su pequeñez, a aquella en la que se dan los fenómenos de la física molecular, ni, con mayor razón, los fenómenos físicos. Si la formación del germen fuera, en efecto, el primer eslabón en la cadena de las operaciones vitales, se probaría que la materia sólo comienza a animarse por un movimiento vital, mucho después de haber sido constituída química y molecularmente. Como, por el contrario, los componentes del germen son ya elementos organizados e impregnados de vida, se deduce que, asistir a la formación del germen no es todavía, en un sentido estricto, captar el organismo en estado naciente, y también que el trabajo de la organización progresiva del germen, nada tiene en sí que lo distinga de cualquier otro trabajo orgánico y vital, por ejemplo del trabajo del desarrollo del brote. La descripción detallada de este trabajo orgánico, particularmente interesante, constituye la embriogenia, ciencia moderna que alcanzó, en pocos años, un grado de perfeccionamiento asombroso, si se consideran las dificultades del tema.

256. Sin embargo, es esta perfección de la embriogenia moderna, que al desvanecer todo misterio en lo que respecta a la formación del germen, arroja una sombra más espesa (168) sobre el fenómeno anterior a la formación del germen, es decir sobre el acto de la fecundación del huevo. Tratemos de captar

bien el punto principal de la dificultad. Imaginemos un huevo puesto por una gallina y que, independientemente de toda fecundación, constituye un aparato orgánico de los más complicados. El trabajo de su construcción, de su desarrollo y de su perfeccionamiento sucesivo, se cumplió progresiva y lentamente, bajo la dirección y el imperio de fuerzas vitales que residen en la madre, desde la primera secreción del óvulo hasta la completa expulsión del oviducto. Sabemos ahora que este trabajo se asemeja, en todo lo posible, por todos sus caracteres generales, por todas sus condiciones fisiológicas, al que se hará más tarde para la formación del embrión. Parecerían, más bien, dos fases consecutivas del mismo fenómeno y no dos fenómenos diferentes. ¿Por qué entonces el trabajo no se prosigue sin la intervención de ese acto que llamamos fecundación, acto misterioso por excelencia, y que así permanece, cualesquiera sean los progresos de la investigación científica? El hecho de que el huevo del pájaro esté separado de la madre durante el trabajo de la formación del germen, no explica que necesite un acrecentamiento de impulso vital, porque si así fuera, el óvulo del mamífero adherido al útero materno, no tendría ninguna necesidad de ser fecundado. Por otra parte, la curiosa observación de Reamur nos enseñó que en ciertos pulgones, una sola fecundación puede ser suficiente para varias generaciones sucesivas. Esta singularidad ha sido admirada como todo lo que escapa a las reglas habituales, pero en el fondo la necesidad de una fecundación o de una especie de nuevo impulso vital para cada generación, es todavía más sorprendente.

Las yemas, los brotes, los vástagos, separados de la planta madre, colocados en condiciones de temperatura, de humedad y de alimentación conveniente, llevan en sí todo lo que es necesario para que prosiga el trabajo de evolución, sin que una fecundación, ni nada análogo, sea necesario; en cambio, los óvulos de las plantas tienen la necesidad de ser fecundados como el huevo del pájaro o el óvulo del mamífero, mediante un procedimiento perfectamente análogo, para convertirse en simiente fecunda, en la que pueda proseguirse el trabajo de la organización embrionaria. En el género «Lilium», tan rico en especies adecuadas por su elegancia para el adorno de nuestros jardines, se encuentra una, el «Lilium bulbiferum», que contrasta con las otras únicamente por esta singularidad: lleva en las axilas de las hojas, pequeños bulbos reproductores que simulan frutas o semillas, que tienen el mismo uso y que sólo pueden distinguirse si se tienen nociones de botánica. Sin embargo, esos pequeños bulbos no deben su virtud reproductora a una fecundación previa, mientras que los óvulos de la flor se atrofiarán sin resultado si el polen de las anteras no ha seguido el camino

designado por la Naturaleza para llegar hasta los óvulos y fecundarlos. En vano buscamos la causa que impediría que la Naturaleza proceda con estos óvulos del mismo modo que con los bulbos, ni las condiciones del fin que se persigue, ni la función a desempeñar nos lo indican; se trata, todo lo anuncia así, de una de esas necesidades que llamamos típicas (227), y cuya razón esencial, por eso mismo, se nos escapa completamente, porque nada hay en la constitución de nuestro entendimiento, ni en los datos de la observación, que pueda ayudarnos a comprender por qué la Naturaleza, pudiendo alcanzar el mismo fin conformándose a este tipo o aquel otro, se ha plegado, con preferencia, a este tipo y no a aquél.

Lo que vemos más claramente es, por una parte, que el modo de reproducción en el cual interviene la fecundación, y que se ha calificado perfectamente bien como «procreación», se asemeja más a una creación propiamente dicha; que acusa de una manera más neta, por una especie de sacudida vital, la distinción de las individualidades sucesivas; que abre así camino a modificaciones individuales más numerosas o más profundas, mientras que, por otro lado, es una causa marcada del agotamiento del principio vital en el individuo que las transmite, agotamiento que no guarda proporción con lo que es material y captable en el cumplimiento de la función, y que, para un gran número de especies, llega hasta el sacrificio del individuo o del órgano reproductor, una vez cumplido el acto de la reproducción. Ningún otro orden de fenómenos o de funciones es más adecuado para dar la idea de una energía vital, que no es el simple efecto del estado material y de la disposición de los órganos, y también la idea de una energía que se agota por el ejercicio mismo (204 y 205).

257. Ahora bien, si se examina cómo la Naturaleza opera el acto de la fecundación, se verá que no hay función fisiológica en la que se haya distinguido más netamente, para quien observe de manera científica, lo principal de lo accesorio, ni más extrañadamente variado y multiplicado los accesorios, como para prestarse de antemano a los caprichos poéticos de la imaginación del hombre. Esos mitos lascivos de las religiones panteístas, esos himnos paganos a Venus y al Amor, que los filósofos más graves, tanto en los tiempos modernos como en la antigüedad, se creyeron obligados a entonar, cuando debían pintar las obras de la Naturaleza; las pintan efectivamente, pero con colores muy falsos, o generalizan de una manera muy poco filosófica lo que, en un sentido refinado, sólo se aplica al hombre, y en un sentido más grosero, a los animales más cercanos al hombre. ¿No sería abusar un poco caprichosamente de la palabra «amor»

el aplicarla a lo que es hoy la base de la industria de la piscicultura? Y, sin embargo, los sexos están separados en los peces como en los mamíferos, condición previa cuya ausencia haría parecer sin sentido todos los mitos e himnos. Pero la separación de los sexos, en sí misma, sólo es un carácter típico de valor secundario. En el reino vegetal, el mismo género o géneros muy cercanos, ofrecen especies monoicas, al lado de especies dioicas; una mezcla semejante se observa en las clases inferiores del reino animal, y es preciso llegar a las clases superiores de este reino para que el carácter típico adquiera una gran consistencia. Caemos, pues, en el error de considerarnos como la medida de todas las cosas, cuando le atribuimos un valor fundamental y absoluto, y la convertimos en el eje de nuestras explicaciones cosmogónicas, como se ha hecho tantas veces, aun después de haberse terminado la época de las cosmogonías propiamente dichas. Por el contrario, en lo que es fundamental y esencial en el fenómeno de la fecundación, independientemente de toda distribución o separación de sexos, no solamente las diversas clases de animales o de plantas se asemejan entre sí, sino que también animales y plantas se asemejan unos a otros de manera notable, tanto más notable cuanto menos comprendemos la razón del tipo adoptado, y porque sería la consecuencia necesaria de la naturaleza de las exigencias funcionales (225). Desde el descubrimiento de los «espermatozoos», se han agotado las conjeturas sobre la naturaleza, funciones y papel de esos diminutos animales o máquinas orgánicas, como fueron denominados, y ninguna de estas conjeturas ha sido satisfactoria. Se ha pensado sucesivamente en comparar el acto fisiológico de la fecundación con el fenómeno de la atracción molecular, el de la saturación química, la dualidad o polaridad electromagnética; todo esto quedó en alusiones vagas y hasta ahora nada pudo adquirir alguna consistencia científica..

258. Para las plantas y los animales susceptibles de reproducirse por vástagos, el vástago se convierte en un ser completo que reproduce el tipo de la especie, y aun aquellas variedades individuales que pertenecen al sujeto del que provienen, sin perjuicio de adquirir nuevas, debido al género de vida e influencias externas a las cuales es sometido. En algunos casos (205), la sección del sujeto primitivo sólo regenera individuos de una organización simplificada e inferior; ¿acaso es natural inferir que los residuos orgánicos (253) todavía impregnados de movimiento vital y que actúan como fermentos, provocando conversiones químicas, bien podrían, por la reacción que el fenómeno químico entraña, constituir por entero esos organismos relativamente tan simples e inferiores, cuya aparición acompaña las fermentaciones? Tal sería el fenómeno al que se ha dado el nombre de «generación espontánea» o «equívoca» y en último término el de «heterogénea».

A la idea de generación espontánea, sugerida naturalmente por una primera observación de los hechos, se ha respondido, por una parte, con hechos, probando que lo que se había considerado en primer lugar como una generación espontánea, sólo era, de acuerdo con un examen más atento facilitado por instrumentos más perfeccionados, la aplicación de las leyes de la generación ordinaria; por otra, con una idea que se relaciona como la del encaje de los gérmenes (255) a la noción de la infinita divisibilidad de la materia. Se ha dicho que nada impide suponer en todas partes, y especialmente en la atmósfera, cantidades de gérmenes en número suficiente y con grado tal de tenuidad, que bastaría para explicar todas las apariencias de generación espontánea, y que más vale atenerse a este postulado (llamado de la panespermia), antes que admitir una derogación de las leyes manifiestas de la Naturaleza, tal como la que resultaría de la hipótesis de las generaciones espontáneas.

Parece llegado el momento (lo notamos por el ardor contenido de las discusiones) de dar una solución experimental y definitiva a ese problema famoso (*). No conviene a la naturaleza de nuestro trabajo discutir los detalles técnicos de una experiencia, examinar si han sido tomadas todas las precauciones necesarias para asegurarse el cierre hermético de un frasco, la destrucción completa de todas las materias orgánicas, de todos los gérmenes imperceptibles que podrían estar en suspensión en un licor o en un volumen de aire; sólo podemos discutir ideas, y creemos hacerlo de una manera útil, aún quedándonos en términos muy generales.

259. Se ha observado que los productos atribuídos a la generación espontánea varían tanto, según las condiciones de la experiencia, que habría que suponer que la Naturaleza almacenó de antemano, en la atmósfera, gérmenes para todas las experiencias posibles, sin otro propósito que el de satisfacer, en un punto dado y en determinado momento, la curiosidad de cierto experimentador. ¿Es la levadura de cerveza una vegetación microscópica sui géneris? ¿Existían los gérmenes en el aire antes de que a los habitantes de nuestros países se les hu-

(*) El lector podrá consultar provechosamente la obra extensa, consciente y notable, aunque deslucida por ideas arriesgadas y negligencias de estilo, publicada por F. A. Pouchet, director del Museo de Historia Natural de Ruan, con el título de «Hétérogenie ou traité de la génération spontanée, basé sur de nouvelles expériences»; París, 1859. Véase como contrapartida los informes sobre las experiencias de Pasteur, en los «Comptes rendus» de la Academia de Ciencias de París. Años 1859-60.

biese ocurrido fabricar la cerveza, y existen inútilmente, hace ya un gran número de siglos, en aquellos países en los que el uso de la cerveza es desconocido? La misma pregunta puede hacerse para todos los productos parasitarios, desarrollados por una nueva afección patológica, en todos aquellos casos en los que la aparición del parásito es la consecuencia, y no la causa de la enfermedad, y aún en el caso en que determinaría la enfermedad, pues, ¿cómo admitir que el germen haya existido tanto tiempo en estado de inacción, únicamente para determinar algún día una enfermedad? Vemos bien que se trata aquí de una de esas razones de sentido común, que no pueden ser destruídas por sutilezas, y que para convencer, no necesitan revestir la forma de un silogismo o la de una demostración geométrica. No creemos, en efecto, que pueda haber razones más poderosas al servicio de la hipótesis de las generaciones espontáneas. ¿Implica acaso esta hipótesis una derogación tan extraña de las reglas generales de la Naturaleza? De ninguna manera, dicen hoy sus partidarios, porque estamos muy lejos de ver en ellas, como los discípulos del viejo Epicuro, o como los escolásticos de la Edad Media, nada más que el efecto fortuito de encuentros de átomos. Estamos bien convencidos, por el contrario, de que las fuerzas armónicas de la vida presiden la formación del nuevo ser, ya sea que residan en el «blastoderma» del huevo, o en la especie de membrana que resulta de la aglomeración de los residuos orgánicos, todavía impregnados de vida. El ovario, el huevo, la espora, la yema, no son más que órganos, máquinas orgánicas vivientes entre muchas otras que la Naturaleza simplifica o complica más o menos, y en las que localiza y especializa más o menos (224) una energía que, fundamentalmente, se encuentra en todas partes. Sustitúyase, pues, a la vieja máxima «Omne vivum ex ovo» (254), una más comprensiva «Omne vivum ex vivo» y se desvanecerá toda antinomia; ya no se verá en los hechos, aparentemente contradictorios, nada más que modalidades diversas de un mismo hecho. Pero no podemos otorgar este último punto a los «heterogenistas». No consideran éstos, que lo constituye la antinomia, no es la ausencia de esas máquinas orgánicas llamadas ovarios o huevos, puesto que pensamos que su ausencia, en efecto, no implicaría una derogación esencial de una regla fundamental. Dicha derogación consistiría en que la generación espontánea sería al mismo tiempo «equívoca», puesto que, según las circunstancias de la experiencia, según el grado de temperatura y la naturaleza del medio en que los residuos orgánicos están en suspensión, engendraría tan pronto una especie, tan pronto otra, y quizá con tal variabilidad de un caso a otro, que no podría pensarse ya en una característica o distinción neta entre las especies. Ahora bien,

esto es completamente diferente, no solamente de la reproducción ovípara, sino de la reproducción por yemas o vástagos, y de toda generación que sólo se produzca de acuerdo con un tipo determinado por el origen mismo de elementos del nuevo organismo. No podemos considerar como modalidades diversas de un mismo fenómeno, los fenómenos sometidos a leyes tan esencialmente diferentes.

La segunda de las máximas citadas, por su mayor generalidad, ¿puede acaso servir más que la otra para develar el misterio de los primeros orígenes? No parece ser así, en un primer momento, puesto que hubo, por cierto, una época en que no podían existir residuos orgánicos que hubiesen tenido vida, como tampoco huevos o gérmenes en la superficie de nuestro planeta. En el fondo, sin embargo, la primera máxima abre una puerta que la otra deja cerrada; y éste no es un argumento mediocre en favor de la hipótesis de la generación espontánea, puesto que los huevos y los gérmenes sólo pudieron ser creados por entero, para las necesidades actuales y las del futuro, por milagro. En cambio, fué suficiente un primer fermento de materia orgánica, para suscitar generaciones de seres vivos que han debido nutrirse, en la corta duración de su existencia, en parte a costa del medio ambiente inorgánico, de manera que aumentaron progresivamente, con sus despojos, la masa de materia orgánica, encerrada en un espacio limitado y suministraron elementos para las modificaciones y perfeccionamientos posteriores. Si se pregunta cómo han podido aparecer los primeros rudimentos de vida, sin residuos orgánicos preexistentes, en el medio inorgánico que ofrece todos los elementos necesarios para el desarrollo posterior del trabajo orgánico, una vez comenzado éste, se verá que volvemos a caer en un problema análogo al que se discutió en el párrafo 238, y al que pueden darse iguales respuestas. Por otra parte, este problema pertenece a cuestiones de origen que tendremos que tratar más adelante.

Capítulo VI

De las razas y las especies, y del parentesco de las especies.

260. Hemos tratado en el capítulo III del presente libro, la idea de tipo orgánico considerada en su generalidad, haciendo abstracción de las fuerzas o causas fisiológicas que pueden intervenir en la constitución del tipo; ha llegado el momento de examinar cómo se combinan las nociones de formas y de fuerzas, para la determinación de la idea de «especie», en el sentido de los naturalistas y de todas las ideas que con ellas se relacionan.

Si estudiamos primeramente el ser viviente en su individualidad, reconocemos en seguida que el medio en el que está accidentalmente colocado, los agentes físicos a los cuales está sometido, el alimento que toma y el género de vida que lleva, tienen una influencia notable en su desarrollo, constitución, temperamento y hábitos que adquiere, y aun en las formas sensibles que toman en definitiva, todas las partes de su organismo. Cuanto más joven es el individuo, mayor es esta influencia, y, sin embargo, se reconoce que dicha influencia, por grande que sea, sólo actúa sobre detalles de organización que son secundarios, en comparación con los rasgos que se encuentran ya fijados, determinados, desde el momento de la concepción, desde el instante en que el individuo viviente comenzó a tener una vida que le fuera propia. El germen de cada ser viviente, pues, ya es el «substratum» de un cierto tipo orgánico fijo, determinado en todo lo que lo caracteriza esencialmente. Esto se aplica al modo de reproducción por yema o por vástago, lo mismo que a la generación propiamente dicha. Por otro lado, los caracteres que posee un individuo, (tanto los primitivos e innatos, como los adquiridos a la larga) tienen una tendencia marcada a transmitirse hereditariamente, a pasar a su descendencia inmediata o a reproducirse en la serie de las generaciones sucesivas; cuanto más antiguo sea el origen de este carácter en el individuo, tanto más fuerte será la tendencia a una transmisión hereditaria; y si los accidentes de educación, de medio o de género de vida, se combinan con los de la generación para perpetuar dicho carácter en varios generaciones consecutivas, la tendencia a una transmisión posterior se hará cada vez más pronunciada.

261. De allí la noción de «variedades» y «razas». Observemos una planta que habita indiferentemente valles y montañas, terrenos fértiles y húmedos y terrenos pedregosos; aquí el tallo crece y los tejidos son carnosos; allá los tejidos se secan y disminuye de tamaño, los jugos son menos acuosos y más aromáticos y la planta se llena de pelos, de púas y espinas, de las que carece en otros lugares. He aquí un ejemplo de variedades debidas a circunstancias externas y que, sin embargo, en virtud de una ley general del organismo, tienen una tendencia a transmitirse hereditariamente, aun después del cambio de dichas circunstancias. Sin embargo, si persisten influencias contrarias a las que han hecho nacer la variedad, ésta degenera a la larga o, si se prefiere, los caracteres primitivos se regeneran a pesar de la tendencia a la transmisión hereditaria. En casos semejantes, no se atribuye a la descendencia de un tronco común, la semejanza de individuos que se incluyen en la misma variedad; basta admitir que ellos o sus progenitores han sido sometidos durante un tiempo suficiente, a influencias semejantes. La generación favorece la consolidación y el mantenimiento de la variedad, pero no la constituye; sólo puede haber, en el modo de reproducción por yema o por vástago, variedades de esta especie.

En otros casos, el hecho mismo de la generación y las particularidades accidentales que presenta, pueden dar lugar a una variedad que las generaciones posteriores tendrán la virtud de consolidar y transmitir, siempre que las condiciones externas no resistan demasiado a esta transmisión, lo que es condición común para la conservación de todos los organismos y de todos los detalles del organismo. En casos semejantes, el espíritu formula un juicio inverso al que daba hace un momento. La generación es considerada como el principio de la variedad hereditaria, a la que contribuyen tan poco las circunstancias externas, que podemos observar cómo persisten, unas junto a otras, variedades diferentes, bajo la influencia prolongada de las mismas circunstancias externas. A tal variedad pertenece, evidentemente, el nombre de «raza». Se admite, entonces, no en sentido figurado sino en sentido propio, que la semejanza de todos los individuos de una misma raza, depende de un verdadero parentesco, de su descendencia de un tronco común. Sin embargo, si el azar, la repetición de las mismas pruebas en condiciones semejantes, o la industria del hombre, (lo que ocurre para las razas domésticas que creamos artificialmente) hubieran podido obtener, mediante la generación, los mismos ca-

racteres distintivos, en varios individuos que no están unidos por ningún lazo de parentesco efectivo, y si la variedad así creada fuera de naturaleza tal, que pudiera transmitirse luego hereditariamente, con independencia de las circunstancias externas, a la descendencia de unos y otros, podría decirse que todos ellos pertenecen a la misma raza, ya que todo ocurriría, y así lo observaríamos, como si descendieran de un tronco común. La raza así constituída, sin embargo, diferiría siempre de la simple variedad, que tiende a borrarse en cuanto las influencias que la han creado cesan de actuar o actúan en sentido contrario.

262. Aquí debemos hacer una observación muy importante, a saber que el principio de la transmisión hereditaria nunca se aplica de un modo riguroso y absoluto a esos caracteres para los cuales podemos determinar un comienzo en la serie de las generaciones sucesivas, y que tales caracteres sólo tienen, hablando en general, un valor muy secundario, en comparación con los que persisten y coexisten independientemente de los accidentes de la generación, en una multitud de individuos constituídos evidentemente sobre el mismo tipo, y que no se unen unos a otros por ningún lazo genealógico conocido, aunque nos inclinemos a explicar su semejanza por su común descendencia de un mismo antepasado primitivo.

De allí la idea de un fondo común de caracteres más esenciales y fundamentales que los otros, cuyo origen primero se nos escapa, y que constituye lo que los naturalistas llaman una «especie», fondo común sobre el que, en cierto modo, se dibujan los accidentes del desarrollo individual, de la generación, de la transmisión hereditaria, constituyéndose así variedades individuales esporádicas, de las que la ciencia no se ocupa, y variedades hereditarias o razas más o menos antiguas, más o menos duraderas, pero cuya antigüedad, persistencia y duración no pueden compararse con las de las especies.

A falta de datos genealógicos, que casi nunca tenemos (a menos de que se trate de variedades de razas creadas por el hombre mismo) es preciso, para que podamos considerar fundadamente dos individuos, dos razas como pertenecientes a la misma especie, que la experiencia nos enseñe que los accidentes del desarrollo individual y de la generación, han sido suficientes para producir entre otros individuos, entre otras razas, las mismas diversidades o por lo menos, diversidades del mismo orden que las que observamos actualmente. Y como carecemos, muy a menudo de este criterio decisivo, es claro que, en los casos en discusión, tendremos que atenernos a cierta costumbre adquirida en casos análogos, para los cuales teníamos los datos de la experiencia. Será una cuestión de tacto, de estimación, un juicio de valor, que estimaremos según la autoridad de quien haga esa apreciación, pero que no podrá imponerse por demostración lógica (66).

Nada impide dar a la explicación precedente la forma de una definición, diciendo que la especie comprende todos los individuos que podrían ser considerados como descendientes de un mismo tronco, sin que ninguna «razón fisiológica» implique la imposibilidad de esta descendencia, aun cuando puedan existir excelentes razones, extraídas de la distribución geográfica de los individuos y de las razas, y de otras circunstancias, que hagan completamente improbable una descendencia común. Por otra parte, al formular una definición semejante, nada se altera en las condiciones del problema científico; la seria dificultad consiste, siempre, en la aplicación de la definición a la multitud de casos particulares.

263. Todas las observaciones precedentes se aplicarían tanto a las especies en las que no se observa la distinción de sexos, como a las otras; pero la distinción sexual de los individuos, aunque en ciertos aspectos sólo tenga una importancia secundaria (257), aquí adquiere una muy grande desde el punto de vista positivo y concreto, y complica singularmente las condiciones del problema. Por una parte, esta circunstancia tiende a borrar las diversidades hereditarias, por la cruza y la mezcla, agregando a las condiciones de la constitución de las razas, una nueva condición: la del aislamiento. Por otra parte, sugiere la idea de un nuevo carácter, en apariencia más neto que los otros, para reconocer que los individuos y las razas pertenecen al mismo fondo específico: el de la posibilidad de cruzas, dotadas de una fecundidad indefinida, a la manera de las uniones contraídas entre individuos de una misma raza.

En efecto, se observa comúnmente que, individuos que tenderíamos a referir a especies diferentes por la sola observación, no tienen ninguna tendencia a unirse o sólo contraer uniones estériles; que solamente en casos muy raros y cuando se trata de especies evidentemente muy cercanas, las uniones son fecundas, pero sólo engendran productos que son estériles desde la primera generación, o en las generaciones posteriores, de manera que desaparecen sin dejar rastros en el orden permanente de las cosas. Sin embargo, no siempre ocurrió así, aun en épocas en las que las leyes que regían la Naturaleza viviente eran, por cierto, las mismas que las que observamos actualmente, y los naturalistas están dispuestos a considerar algunas de nuestras razas domésticas o cultivadas, como producto de la mezcla de varias especies cercanas, algunas de las cuales reconocemos todavía fácilmente, mientras que otras sólo se encuentran con

dificultad o no se encuentran más. Por otra parte, no hay que considerar como fundamento esencial y primitivo de la idea de especie y de la diversidad de los caracteres específicos, el fundamento de la distinción de las especies en el orden que observamos actualmente. Supongamos una creación de especies en su origen, bien separadas unas de otras por el conjunto de su organización, pero que en algunas de ellas (que quizá no sean las que se acercan más, por el conjunto de su organización) existan conformidades especiales y secundarias de organización, que disponen a individuos de especies diferentes a contraer uniones fecundas y a producir mestizos, los cuales poseen también el principio de fecundidad; la consecuencia de esta aptitud será producir, sin la intervención del hombre ni de su industria, lo que muy probablemente ha ocurrido en ciertas especies, gracias a su industria. Al cabo de un tiempo suficiente para la evolución de todas las combinaciones fortuitas, las especies dotadas de dicha aptitud se habrán mezclado íntimamente, y de la fusión de las especies antiguas, aparecerán nuevas especies que ofrecerán, diversamente combinados y modificados, los caracteres de las especies primitivas. Así, pues, recíprocamente, es preciso que las especies cuya distinción observamos actualmente, sean aquellas cuya constitución ha sido adversa, desde el comienzo del orden actual de las cosas, a uniones fecundas, o por lo menos a uniones cuyos productos pudiesen perpetuarse. Pero no hay que considerar la consecuencia como el principio, ni el resultado de una de las particularidades de la constitución específica, como la definición racional de la idea de especie (*), aunque bien pueda bastar, sin embargo, una definición puramente artificial o lógica (45).

264. La afirmación de que caracteres secundarios de organización hayan podido hacer ya posibles, ya imposibles, la mezcla y fusión de las especies, no es completamente gratuita; es, por el contrario o tiene en su favor, una inducción poderosa. En efecto, entre los caracteres de todo orden cuyo conjunto constituye la característica de la especie, es preciso colocar el carácter de persistencia e inflexibilidad, o, por el contrario, el carácter de flexibilidad y aptitud para diversificarse, dando nacimiento a nuevas razas o variedades hereditarias. Ahora bien, debemos tener particularmente en cuenta que este carácter, tan importante desde nuestro punto de vista, no parece depender de lo que es más fundamental y esencial en el organismo. Así, entre especies muy próximas, unas son, por así decirlo, inflexibles, y otras están dotadas de gran flexibilidad. El hombre domestica, forma y modela, en cierto modo a su antojo, algunas especies de animales y plantas, y nada puede sobre especies congéneres, que apenas difieren en los trazos de organización que están al alcance inmediato de los sentidos. Un instinto natural de sociabilidad y salvajismo, un grado más de retención y ardor en las inclinaciones sexuales, es decir, cosas que sólo se traducen en los detalles más fugaces de las formas orgánicas, en caso que lleguen a traducirse, distingue la especie susceptible de domesticación y de variedades hereditarias que esa domesticación introduce o posibilita, de la especie, sin embargo muy próxima, que rechaza toda domesticación y cualquier ramificación en razas domésticas. Las plantas, que no tienen como los animales costumbres o instintos innatos, pero que parecen ser como ellos capaces de contraer y perder costumbres transmisibles, no ofrecen menor disparidad en todo lo que se refiere a la flexibilidad o inflexibilidad de los caracteres aparentes, y las mismas familias comprenden especies flexibles e inflexibles, indistintamente mezcladas.

El brote del injerto ofrece alguna analogía con la posibilidad y fecundidad de la unión entre especies próximas; es preciso, también, que dichas especies no sean demasiado apartadas, para que pueda producirse el brote; sin embargo, éste suele darse entre especies menos próximas que otras para las cuales el injerto es imposible y, en consecuencia, según conformaciones de organización que el conjunto de los caracteres nos obliga a no colocar en primera línea.

265. Esto nos conduce a otra observación no menos importante. Las dos definiciones de especie que hemos dado más arriba, una independiente de la separación de los sexos, la otra fundada en la fecundidad de las alianzas sexuales, no cuadran necesariamente. Consideremos dos razas cuyo origen se nos escapa en absoluto, que persisten indefinidamente viviendo una al lado de la otra, bajo las mismas influencias y cuyas diferencias, suponiendo que provengan de antecesores comunes, no podrían explicarse ni por los accidentes de la generación, ni por la acción prolongada del medio ambiente, de la alimentación, del género de vida, según lo que podemos observar en el orden actual de las cosas; sería preciso, pues, en virtud de la primera definición, considerarlas como constituyendo especies distintas. Pero, por otra parte, esas razas pueden contraer entre sí, cuando se las aproxima, alianzas sexuales de una fe-

(*) No es poca satisfacción, para un lógico que no puede de ninguna manera pretender el título de naturalista, encontrar todas estas ideas (que ya hemos presentado en idénticos términos en una nota del «Essai sur les fondements de nos connaissances», t. II, Nº 216) reproducidas más o menos exactamente, aunque más extensamente y sin previo conocimiento del libro mencionado, por uno de los más distinguidos naturalistas que lleva dignamente un nombre ilustre, Alfonso de Candolle: «Géographie botanique», t. II, pág. 1077; París y Génova, 1855.

cundidad indefinida; a este título, y en virtud de la segunda definición, pertenecerían a una misma especie. Puesto que es preciso admitir una excepción a las reglas más comunes, sería, al parecer, indiferente admitir que dos especies muy próximas tienen, por excepción, el poder de unirse a fin de producir productos híbridos, de una fecundidad indefinida, o que, también por excepción, ciertas especies admiten diversidades de razas, de origen tan antiguo, tan oculto, de una persistencia tan grande, como las diferencias específicas. En todo caso, para decidirse entre ambas fórmulas, habría que recurrir a otras consideraciones, a la apreciación del valor de los caracteres diferenciales y de las transiciones que presentan, apreciación que no podría comportar las reglas fijas requeridas para una definición lógica y que, aparentemente, la naturaleza de las cosas no permite establecer aquí.

266. Todo esto nos proporciona un ejemplo notable del contraste entre la coordinación lógica y la explicación racional, entre la tendencia científica y la tendencia filosófica. Para mayor comodidad de la construcción científica y el rigor de las clasificaciones, se necesitarían reglas fijas, límites precisos; en consecuencia, el espíritu puramente científico y clasificador toma en cuenta, preferentemente, lo que da o parece dar a la idea de especie, la precisión, el rigor formal de una definición lógica y lo que da, o parece dar el hecho expresado, la fijeza, la inmutabilidad más absoluta. Este contribuye a alejar la explicación propiamente dicha, y hace más espeso el velo que recubre los comienzos; tanto mejor; la ciencia gana por un lado y nada pierde por el otro, porque tendremos que resignarnos a no dar jamás a las explicaciones, a las hipótesis sobre los orígenes, la precisión científica y el tipo de certeza, o, por lo menos, de probabilidad, que la ciencia reclama. El punto de vista del filósofo es completamente distinto, porque busca el orden racional, aunque sea a expensas del encadenamiento formal o lógico y no puede resolverse a aceptar, como principio, una definición que le parezca ser solamente la expresión de un hecho derivado, una definición que introduzca una discontinuidad formal en los resultados, cuando la ley de continuidad parece regir el modo de acción de las causas productoras. Por último, no puede resolverse a aumentar, sin necesidad absoluta, el peso que la razón trata de levantar, y a prohibirse previamente determinado esquema de explicación porque, por su naturaleza, no pueda ocupar un lugar en la ciencia.

267. No debe exagerarse el alcance científico de las definiciones, en esta materia, ni desconocer su valor hasta el punto

de considerarlas puramente artificiales. Tratemos de precavernos desde ya contra el primer exceso. Las especies vivas, vegetales o animales se cuentan en nuestro tiempo por centenares de miles, y los naturalistas, por cierto, no creen haber agotado la lista. Ahora bien, ¿han podido acaso realizar, para esos millares de especies establecidas, las investigaciones necesarias para asegurarse que sólo hay entre todos los individuos de la especie diferencias que podrían explicarse fisiológicamente, conforme al orden actual de las cosas, en la hipótesis de la descendencia de un tronco común? ¿Han podido establecer, mediante experiencias convenientes, que todos los individuos de la especie son capaces de contraer entre sí alianzas sexuales de una fecundidad indefinida, mientras que no podrían contraer más que uniones estériles con individuos de especies vecinas? Esta prueba nunca fué hecha, con toda seguridad, y nadie piensa hacerla. En todo caso, no cabría la posibilidad de realizar para todas las especies extinguidas, que han vivido en épocas pasadas, en circunstancias muy diferentes a las actuales y a las que, sin embargo, los naturalistas tienen la pretensión de aplicar todas sus clasificaciones y distinciones específicas, lo mismo que a las especies vivientes. En efecto, si alguna vez sucede que los naturalistas difieren en sus opiniones sobre ciertas especies, tanto para las extinguidas como para las vivientes, que unos quisieran reunir y otros separar, es más frecuente que todos se pongan de acuerdo; este acuerdo significa que, independientemente de la definición, que no se utiliza, estén o no de acuerdo, la idea de especie implica para los naturalistas la apreciación de ciertas relaciones de afinidad o de proximidad, cuya proximidad (estimando el valor de los caracteres orgánicos y su grado de fijeza) es esencialmente mayor entre los individuos de la misma especie, cualesquiera sean las variedades que ofrezcan, que entre individuos de especies diferentes, por próximas que sean dichas especies. Todos los grados de la jerarquía de las clasificaciones naturales dan lugar a apreciaciones de esta especie. Tan pronto se escinden los géneros y familias, tan pronto se las reúne, considerando como subgéneros o subdivisiones del mismo género, como tribus o subdivisiones de la misma familia, grupos que previamente eran considerados como formando otros tantos géneros distintos o familias distintas. Desconocer el valor de las discusiones llevadas a este terreno, y ver en ellas tan sólo un asunto de clasificación arbitraria, sería desconocer el alcance de la idea de clasificación natural o de justa expresión de relaciones naturales (*). Si los naturalistas se ponen de

(*) «Essai...», cap. XI.

acuerdo a propósito de reformas del tipo de las que acabamos de indicar, es que interviene aquí un juicio de la razón, que no tiene la forma de un juicio lógico, por falta de una definición precisa del género o de la familia, y de una medida precisa de la proximidad genérica, pero que no por eso debe dejar de aceptarse. Hemos desarrollado extensamente esta observación fundamental en otra obra, y no es necesario volver sobre ella. Aquí, solamente queremos hacer notar, en lo que concierne a la idea de especie, que nos equivocamos al creer que ganamos algo al buscar una definición rigurosa de especie, adecuada para servir de criterio lógico, cuando, de hecho por lo menos para la inmensa mayoría de los casos, es absolutamente necesario recurrir a la apreciación instintiva de los caracteres, y es absolutamente imposible aplicar la definición y utilizar el criterio.

268. Por otro lado, estas definiciones expresan algo más que convenciones arbitrarias, y lo prueba justamente esta apreciación que podemos hacer de las distinciones específicas, independientemente de toda definición. De otro modo, cuadraría solamente por azar, y en general no encajarían en los casos particulares a los cuales podemos aplicarlas mediante las experiencias adecuadas, con la idea general que el conjunto de la Naturaleza viviente, actualmente y en épocas antiguas, nos da de la distinción específica. Es preciso, pues, ver en dichas fórmulas, no la definición de lo que constituye la esencia de la especie, sino el enunciado de ciertas consecuencias que resultan de hecho, del modo de constitución de las especies. Es muy significativo que no podamos indicar el origen de ninguna especie, comprobar su transmutación, ni, en la actualidad, mezclar las especies de manera duradera. Evidentemente, el mantenimiento de las distinciones específicas ha entrado en la economía general de la Naturaleza; si actualmente hay excepciones a esta regla, sólo pueden ser accidentales y sin importancia; si las hubo más generales en épocas pasadas, solamente han podido ser de corta duración, y existir en los momentos de crisis en los cuales se invertía el curso habitual de las cosas. En efecto, si podemos concebir teóricamente (263) que la economía que observamos haya sido preparada a la larga, por el solo agotamiento de combinaciones fortuitas, que produjo finalmente la mezcla de todo lo que podía ser mezclado, la observación de los acontecimientos del pasado nos indica más bien que, desde su origen, la Naturaleza tuvo en cuenta el mantenimiento de las distinciones específicas.

Y cuando vemos que el hombre, por su intervención, provoca trastornos extraños en este orden natural, hasta el punto de crear razas (inconsistentes, es verdad) que simulan diferencias tan grandes y aun mayores que aquellas por las cuales distinguimos, en el orden de la Naturaleza, una especie de otra y un género de otro, comprendemos que el plan preferido por la Naturaleza para la constitución de las especies no está tan estrechamente ligado a las condiciones fisiológicas de la vida como para no admitir, bajo la influencia de causas perturbadoras, intervenciones por lo menos comparables en intensidad a la acción perturbadora que el hombre ejerce actualmente. La Naturaleza guarda en su seno más fuerzas de las que necesita mostrar, y demuestra, en las circunstancias habituales. Apenas encontramos, en el curso habitual de las cosas, ejemplos de injertos y vástagos naturales; el hombre ha obligado a la Naturaleza a utilizar regularmente, en provecho suyo, este medio de reproducción: ¿por qué no habría de producir entonces, bajo la presión de influencias de otra especie, lo que no produce cuando no existen esos estímulos?

269. Desarrollaremos en los capítulos siguientes lo que se refiere al origen y duración de las especies; digamos, aquí, solamente algunas palabras sobre el grave problema de la invariabilidad de las especies, que, en general, no ha sido planteado con todo el rigor que es de desear. Para poder afirmar que el tipo de una especie no ha sido modificado, en los siglos transcurridos desde que fueron sepultados en grutas y catacumbas los representantes de la especie cuyos despojos encontramos, no basta con que esos despojos sean los mismos que los de algunos de los representantes de la especie actualmente vivos. Por ejemplo, no podría afirmarse que el tamaño medio de la especie no haya cambiado, basándonos en que existen hoy individuos del mismo tamaño que aquellos cuyos despojos fueron encontrados. Pero si la catacumba encerraba algunos centenares de individuos adultos, de tamaños diversos, podrá adelantarse, con una probabilidad suficiente, que el tamaño medio ha permanecido invariable o que ha variado, y lo mismo ocurre con los demás caracteres.

Por otro lado, el tamaño medio podría haber variado por efecto del cambio de influencias climatéricas, del régimen, de la alimentación, del género de vida, y no por causas intrínsecas que incidirían sobre el tipo mismo de la especie; lo mismo podría decirse de caracteres más importantes. Sería preciso, pues, para poder afirmar la variación del tipo específico, comprobar que hubo un cambio en los caracteres, sin el cambio correspondiente en las influencias externas y en las causas adventicias, o bien establecer que tales influencias y tales causas serían insuficientes para explicar las diferencias observadas en los caracteres.

270. Después de las «especies», vienen los «géneros» en la jerarquía de las clasificaciones naturales. Hay, sin duda, en botánica y en zoología géneros formados artificialmente, como consecuencia de la necesidad de clasificar y de introducir una simetría en estas clasificaciones: estos géneros no tienen ninguna importancia, desde nuestro punto de vista, pero, en cambio, otros géneros parecen tan naturales o más naturales aún que las especies en las que se dividen; de manera que (como ya lo hemos observado) el sentido común y el lenguaje vulgar, que es su expresión, han establecido el género, en cuyo seno los naturalistas profesionales, penosamente y no sin frecuentes discusiones, determinan las especies. Otras veces, cuando se trata de especies que nos llaman la atención o interesan particularmente, el sentido común, el lenguaje común, han señalado las especies, y la ciencia ha constituído el género, sin que éste deje por ello de estar fundado en la Naturaleza. En todos los tiempos se han dado nombres distintos al caballo, al asno, a la cebra; y en todos los tiempos, también, ha llamado la atención la afinidad de esas especies que componen el género «equus» de los naturalistas. Este género, especialmente, nos ofrece los ejemplos más conocidos de hibridización entre especies congéneres, y de esterilidad o fecundidad limitada de los productos híbridos. Hubiera sido muy cómodo poder generalizar el ejemplo y definir el género, como se define la especie, con la ayuda de un carácter dado por las alianzas sexuales; desgraciadamente, la observación es adversa a semejante definición del género; la Naturaleza no ha pretendido establecer una armonía tan perfecta entre el conjunto de los caracteres típicos y las condiciones de tal función fisiológica (227).

271. Ya hemos aludido (47) a la distinción entre las clasificaciones puramente lógicas o artificiales, las clasificaciones racionales y las clasificaciones naturales. La clasificación natural es, al mismo tiempo, una clasificación racional, en el sentido en que, en un género natural (el género «equus», por ejemplo), concebimos que las semejanzas entre las especies del género no puede deberse a un concurso fortuito de causas y de acontecimientos, como la semejanza entre dos personas que hemos encontrado, una en Ruán y otra en Marsella y cuyas familias y parentescos nada tienen en común. Por el contrario, admitimos, sin duda, que las causas (cualesquiera sean) que han determinado la constitución del género dominan las que, en el seno del género, han producido la diversidad de las especies. Pero el género natural implica, además, hemos dicho, la idea de un «parentesco», no de la misma especie que el parentesco común, pero que debe aproximársele por todo lo que

no dependa de la forma especial de aparatos y procedimientos de la generación ordinaria, por lo que es general en los procedimientos diversos que sigue la Naturaleza viviente para desplegar su admirable fecundidad, y para engendrar, sin cesar, lo que la muerte destruye incesantemente (205). El cloro, el bromo, el iodo, son radicales químicos muy naturalmente, es decir, muy racionalmente asociados (186), pero creemos abusar de la metáfora hablando de parentesco entre el cloro y el iodo, mientras que no ocurre así cuando se habla de parentesco entre el asno y la cebra. He ahí, sin duda, lo que Linneo quiso expresar, a su manera, al decir: «Character non facit genus, sed genus facit characterem».

Capítulo VII

De la habitación, patria y edad o sucesión de las especies.

272. Cuanto más elevadas en la escala de organización sean las especies, y por ello más cercanas a nosotros, más vivo es el interés que despiertan en nosotros todas las cuestiones concernientes a su habitación y su patria, problemas estrechamente ligados (bien lo vemos) a la cuestión misma de su origen; pero también esos problemas se hacen menos accesibles a causa de la complicación del tema. Si existe alguna probabilidad de abordar poco a poco esos problemas arduos, es aparentemente, examinando en primer lugar los organismos que presentan una menor complejidad. Los vegetales están fijos al suelo, y por esta razón, como también por la simplicidad relativa de su organización, la geografía de las plantas, ciencia, sin embargo, de origen tan reciente, debe prestarse a observaciones más fáciles y más concluyentes que la geografía de las especies animales.

Efectivamente, se le ha visto realizar rápidos progresos en pocos años, y puede decirse que, para la curiosidad filosófica, para esta investigación de las causas que ofrecerá siempre una atracción irresistible para los espíritus elevados, los progresos de la geografía botánica tendrán, desde hoy en adelante, más importancia que la que podrían tener los descubrimientos de algunas especies nuevas o los perfeccionamientos introducidos en la descripción de algunos detalles del organismo.

Se distingue, con razón, la «zona» de las plantas de su «habitación» o «patria». Tal planta gusta de un suelo húmedo o pantanoso, tal otra de uno seco o pedregoso; ésta sólo puede vivir en llanuras cálidas, aquella otra exige el aire frío y ligero de las montañas; todos estos caracteres determinan la zona de las plantas, que se define no por nombres propios geográficos, sino por el uso conveniente de términos generales del idioma. Si se dice, por el contrario, que una planta se encuentra en el Perú, Brasil o Japón, se indica con eso mismo, un carácter de habitación; porque todas las «zonas» no le convienen en el país que

habita, y podría encontrarse en países que no habita zonas semejantes a aquellas en las que se encuentra en el país que habita.

Aun en países de muy pequeña extensión, no se encuentra una planta en todas las zonas que parecen idénticas. Supongamos que se logre naturalizar la especie allí donde no vivía antes; esto sería una prueba de que su ausencia primitiva sólo dependía del encadenamiento accidental de los hechos anteriores. En caso contrario, sería preciso admitir que la planta es una especie de reactivo, con cuya ayuda se hacen sensibles diferencias de medio que no podemos apreciar en otra forma. Sin embargo, aun entonces podría ocurrir que la planta se vuelva incapaz de vivir en el nuevo medio, como consecuencia de costumbres adquiridas a la larga, en un medio un poco diferente, y que así su ausencia, en determinada localidad, sea otra vez un hecho imputable principalmente al azar de conjeturas originales.

273. Detalles semejantes pertenecen más bien a la topografía, que a la geografía de las plantas. Debe entenderse por habitación geográfica de una planta, la región en la que se la encuentra y desde donde ha podido propagarse a lugares cercanos por medios naturales, cualesquiera hayan sido el lugar preciso y el modo original de su constitución específica; ya sea que un solo individuo o un pequeño número de individuos hayan sido primitivamente tronco de todos los otros, ya sea que las mismas causas, desde un principio hayan multiplicado y diseminado los representantes de la especie. Si la especie es «dioica», habrá sido necesario que el individuo macho y el individuo hembra se hayan constituído al mismo tiempo, mientras que, en rigor, si se trata de especies «monoicas», habrá sido suficiente un solo sujeto primitivo. En cuanto a las especies llamadas «sociales», que no pueden defenderse o propagarse en estado de aislamiento individual, hay que admitir que las cosas se arreglaron para que, desde el origen de la especie, ésta estuviera representada por un cierto número de individuos asociados unos a otros, así como hay que admitir que la especie parásita no apareció antes que la especie que la nutre, ni la especie protegida antes que la que le sirve de rodrigón.

Podrá llamarse «patria» de la planta, uno de los países que habita, si se tienen motivos para creer que antiguamente estaba encerrada en ese país, y que desde allí se expandió hacia los otros países que habita. Por ejemplo, una especie es esencialmente marítima y sus representantes se muestran cada vez más escasos a medida que nos alejamos de las costas; entonces, no hay que buscar lejos de las costas el lugar en que habrá hecho su primera aparición. Por el contrario, una especie alpina, que

abunda en la cima de una montaña y se hace cada vez más escasa a medida que descendemos hacia la llanura, tiene ciertamente como patria la región culminante de la montaña, si a la misma altura no se la encuentra en ninguna otra parte o si, a igual altura (sobre otras montañas aisladas o sobre otras cadenas) se encuentra solamente a distancias tan grandes que la imposibilidad del transporte de las simientes queda si no demostrada rigurosamente (porque no puede en casos semejantes pedirse demostraciones rigurosas), por lo menos con gran probabilidad. Las especies que se encuentran en varias regiones, tan distintas y separadas unas de otras que no puede admitirse, verosímilmente, que en ninguna de las épocas geológicas contemporáneas a la existencia de la especie, ésta haya podido propagarse naturalmente de una región a otra, son las que A. de Candolle llamó «especies separadas» (espèces disjointes), pero su número es relativamente pequeño. Hay que admitir entonces que las mismas causas, o causas análogas, han determinado la primera aparición de la misma especie en localidades diferentes y muy distintas; lo que, por otra parte, no excluye la posibilidad de varias patrias o centros primitivos de propagación, para especies no «separadas».

274. Cuando un obstáculo natural que no existía en épocas geológicas anteriores, como una cadena de montañas o un brazo de mar, limita actualmente la habitación de una especie, aunque al otro lado del obstáculo las condiciones de habitación parezcan todas iguales, es probable que la constitución de la especie sea posterior al levantamiento de la cadena, a la irrupción del mar. En caso contrario, es decir que la especie habite a ambos lados del obstáculo, habrá muchos motivos para creer que la fijación de la especie es anterior a la catástrofe geológica o, por lo menos, que todo lo que primitivamente fué accidental e imputable a particularidades históricas en los orígenes de la especie, es anterior a esta catástrofe, ya que, desde que ella ocurrió, iguales influencias externas, actuando de la misma manera a ambos lados del obstáculo, sobre la misma especie todavía no fijada, habrían podido imprimirle iguales modificaciones; la hipótesis de cambios bruscos nos vuelve a llevar hacia épocas muy antiguas, en las que las especies, quizá más flexibles que hoy (264), no estaban necesariamente condenadas a perecer únicamente porque las condiciones externas cambiaran bruscamente. Se ve así cómo las cuestiones de geología se unen a problemas de distribución geográfica y épocas de fijación de las especies, y cómo unos pueden conducir a la solución de las otras.

En el estado actual de las cosas, los cambios lentos producidos en las influencias climatológicas o en la constitución del suelo,

bien pueden limitar o extender poco a poco la habitación de una especie; pero la acción del hombre es la única que parece capaz de operar un brusco transporte de las especies vegetales desde los lugares en los que la Naturaleza los había colocado originariamente, hacia otros países que, durante mucho tiempo, no había habitado. A este respecto, hay que distinguir entre la aclimatación y la naturalización propiamente dicha. El hombre ha aclimatado muchas especies que son objeto de sus cuidados y de sus cultivos, mientras que hay muy pocas que haya conseguido naturalizar, en la verdadera acepción de la palabra, es decir propagar fuera de su habitación natural, de manera que la especie termine por encontrarse bien allí donde la puso y propagarse sin los cuidados del hombre, como en una patria adoptiva. Por ejemplo, ha difundido el ágave de Méjico en las costas del Mediterráneo, donde se multiplica tan espontáneamente y parece estar tan en armonía con las condiciones climatéricas, que el hombre parece haber reparado un olvido de la Naturaleza al transportarlo ahí. Pero tales ejemplos son raros, y parecería que sólo se presentan para prevenirnos contra la idea engañosa y demasiado absoluta de que la Naturaleza ha puesto, en todas partes, en lo que se refiere a organismos, todo lo que podía poner, así como para cumplir con los deseos de ciertos filósofos, hubiese debido realizar todos los tipos realizables. (231). La lista de las especies efectivamente naturalizadas por el hombre, representa una lista relativamente corta, y aun la mayoría de las especies que figuran en ella no son las que el hombre cultiva, las que valora y que hubiese propagado intencionadamente. Casi todas nuestras especies exóticas cultivadas, aun las mejor aclimatadas y más robustas (las lilas por ejemplo), desaparecen prontamente fuera de nuestros cultivos, en cuanto se nos escapan o en cuanto el hombre les devuelve su libertad y deja de propagarlas.

275. Podemos trazar la circunscripción geográfica de un género o de una familia, así como la de una especie. Si grupos semejantes sólo tuvieran un valor convencional y clasificatorio, los resultados de este trabajo no tendrían gran interés, pero adquieren uno muy grande cuando se trata de grupos verdaderamente naturales, cuya fisonomía común no nos parece poder resultar sino de un lazo original (271). En cierto modo, la discusión de la distribución geográfica de los géneros y familias, tiene más valor científico y filosófico que la de la distribución de las especies. Si una especie abunda en determinada localidad, aun en zonas muy vastas, esto puede depender de particularidades muy secundarias de un estado de cosas relativamente muy moderno; pero cuando especies congéneres y asociadas naturalmente (como

los matorrales del Cabo) se agrupan en ciertos centros de habitación, fuera de los cuales este género sólo posee algunas especies aisladas y como perdidas, esto indica claramente que, en épocas muy remotas, la ramificación misteriosa del género en especies, o la fijación de las especies bajo el imperio de leyes dominantes que les imprimía una comunidad genérica, se cumplieron preferentemente no lejos de los sitios, y muy probablemente en los mismos sitios, que son hoy asiento principal de la forma genérica, sin que las crisis geológicas sobrevenidas después, hayan perturbado mayormente la asociación primitiva de las formas congéneres. Podrían extraerse de allí las consecuencias más curiosas y más importantes, en lo que concierne la historia de las revoluciones geológicas, como en lo que respecta al origen y la derivación de los tipos orgánicos.

726. En este método que hemos indicado, en primer lugar, como el que parece más elemental, más lógico y más seguro, se procedería pacientemente de una especie a otra, de un género a otro, y se restablecería así cada flora local, por la superposición de las habitaciones de todas las especies particulares. Pero, además del trabajo inmenso que exigiría una discusión semejante para ser completa, a menudo se correría el riesgo (como en la aplicación de todo método puramente lógico) de poner en la misma línea hechos que no tienen igual valor racional, y descuidar lo que no puede captarse o determinarse por procedimientos lógicos, a saber, ciertas semejanzas generales de fisonomía. Se puede tratar el tema de otro modo que no ofrece ni la misma extensión, ni los mismos inconvenientes, y que los trabajos de Alejandro Humboldt han preconizado especialmente. En efecto, no es preciso tantos circunloquios para construir, con la ayuda de un cierto número de floras regionales, una especie de estadística botánica de la que se concluirá inmediatamente en qué proporción se encuentran representados cada género, cada orden, cada familia, cada clase, según la latitud o altitud en que nos coloquemos y según el espacio geográficamente delimitado que abarquemos; no, por cierto, en virtud de una geografía política o de convención, sino sobre un mapa cuyos contornos han sido dibujados por la Naturaleza misma. Los números de los que se deducen tales relaciones son ya bastante considerables para que la expresión de las relaciones no se altere sensiblemente por accidentes fortuitos, y para que se discierna con seguridad las leyes generales que dependen de la esencia de los tipos orgánicos y que merecen toda la atención del filósofo.

Nos sorprende en primer lugar, las repeticiones que presenta la escala de las alturas, comparada con la de las latitudes. La flora de los Andes y la del Himalaya recuerdan nuestras floras

europeas a pequeñas alturas; nuestras floras alpinas recuerdan las de las zonas polares; las especies y aun los géneros no son idénticos, generalmente, sino análogos. Hay una parte que corresponde a la semejanza y una a la diversidad de las influencias externas y permanentes; una tercera parte debe dejarse para las circunstancias originales. Pero cuando se abarcan zonas vastas, sobre cuya extensión las condiciones del clima y de altura varían notablemente, esta tercera parte es la preponderante y pone de relieve, según sea débil o fuerte en un sentido absoluto, ya grandes semejanzas, ya diferencias notables en las causas y condiciones originales. La flora europea se distingue de la flora de América del Norte y de la China o Japón; pero la flora de Australia difiere todavía más de la del continente asiático, y la de Madagascar de la flora del Cabo. Otro tanto puede decirse de las partes del mundo, en sentido botánico, unas muy vastas, las otras relativamente pequeñas. El actual mapamundi terrestre explica, en parte, estos compartimientos botánicos, pero no los explica completamente, de manera que su origen primero debe verosímilmente remontar a épocas geológicas anteriores. Todos estos hechos resultan de la investigación estadística que acabamos de mencionar; pero podríamos dejar a un lado la precisión de los números y esos hechos seguirían manifestándose por la «facies» general, por esos rasgos fisonómicos que las cifras no indican, o que solamente pueden ponerse en evidencia empleando las formas pintorescas del lenguaje, y que a menudo se traducen con exactitud cuando los dones de la imaginación y el talento del escritor se encuentran unidos a la ciencia del naturalista.

277. Con mayores complicaciones y diversidad en los detalles, todas estas consideraciones son, o serán aplicadas algún día, a las especies animales y a las faunas comparadas. En primer lugar, será preciso tener en cuenta diferencias esenciales entre los medios y encarar separadamente las especies marinas, fluviales y las especies terrestres o aéreas, porque mientras la flora marina es muy pobre en comparación con la flora terrestre, la vida animal parece más profusamente difundida en el seno del Océano que en la superficie de las tierras emergidas; y, por otro lado, el aislamiento natural de las habitaciones fluviales o lacustres, su origen indudablemente moderno, en el sentido geológico de la palabra, se presta particularmente a cotejos adecuados para iluminarnos acerca de la formación de las especies y las últimas fases de la historia geológica.

Muchas especies animales están fijadas en el suelo a la manera de los vegetales, o viven como parásitos sobre vegetales. En todas las especies animales colocadas por debajo de la clase de los

vertebrados, y aún para algunos vertebrados, el modo de generación ovípara, la pequeñez de los huevos (comparables desde este punto de vista a las semillas vegetales) da igualmente lugar a una diseminación en lugares próximos mediante la ayuda de vehículos naturales; de allí debe resultar una analogía bastante grande entre las leyes que presiden la circunscripción geográfica de las plantas, y las que determinan los límites de la habitación de las especies mencionadas, y su extensión fuera de la patria original. Las migraciones lejanas de ciertas especies sociales, que se efectúan en grandes masas y vuelven periódicamente, y cuyo punto de partida y de llegada son casi siempre invariables, no alteran esencialmente las condiciones del problema.

278. Otra cosa ocurre con las especies superiores cuyos individuos parecen haber conquistado más independencia y, si podemos hablar así, mayor libertad. Estas especies tienden a propagarse por todos aquellos lugares en los que su diseminación no se ha detenido por completo, ya por influencias externas absolutamente contrarias, ya por obstáculos físicos que hacen imposible toda comunicación. Es para estas especies, sobre todo, que puede darse una enorme desproporción entre la extensión de la patria originaria y la de la habitación actual, y para ellas, en todo tiempo se presentó al espíritu humano la idea de la descendencia de una pareja primitiva. Son también esos tipos los que se fusionarán preferentemente, todas las veces que esa fusión sea posible (263). A causa de la extensión de la habitación y de la facilidad de las fusiones, aumenta la incertidumbre en lo que se refiere a la característica de las especies y de las razas; y a menudo las diferencias que parecen muy sensibles en individuos que están muy alejados unos de otros, se funden y pierden su valor característico cuando se restablecen los eslabones intermediarios de la cadena.

279. Además de la distribución geográfica de las especies vivientes, en el estado actual de las cosas, hay que considerar la distribución y la sucesión de las especies extinguidas, y de los tipos de orden superior a los que pertenecían en épocas geológicas antiguas. Por otra parte, vemos muy claramente que los períodos geológicos sucesivos correspondientes a condiciones diferentes de temperatura y humedad, y a una constitución distinta de la atmósfera y de las aguas, han debido tener formas orgánicas tan diversificadas como las condiciones externas con las que era preciso que esas formas y funciones orgánicas armonizaran. Por otra parte, todo nos indica que, así como la sucesión de una época a otra presentaba cambios, así las condiciones

locales en esas épocas alejadas, eran uniformes. Cuanto más nos remontamos en la serie de los tiempos, encontramos que la uniformidad de las condiciones locales debió ser mayor, como parece haber sido mayor la uniformidad de la creación orgánica, a juzgar por los restos que nos quedan en tan gran número. De donde la consecuencia de que, en el estado actual de nuestros conocimientos podemos no estudiar una distribución geográfica correspondiente a cada etapa geológica; en otros términos, que la paleontología nos informa sobre la distribución según los tiempos, haciendo abstracción de los lugares, así como en los problemas comunes de la geografía botánica o zoológica, se trata de la distribución según los lugares, haciendo abstracción del tiempo, por lo poco importante que son los cambios del orden actual.

Sobre todo hay una clase de residuos fósiles que, en razón de su abundancia y su grado de conservación, son particularmente adecuados para caracterizar las etapas geológicas y, al mismo tiempo, nos informan sobre las circunstancias del prodigioso fenómeno de la sucesión y del reemplazo de las especies. Se ve que queremos hablar de las conchas fósiles. Las especies animales a las que han pertenecido no tenían mayor movilidad que las plantas; los individuos pululaban unos junto a otros; no puede suponerse que, para cada especie, los descendientes de un individuo primitivo, propagándose de un sitio a otro, haya recubierto toda o casi toda la superficie del planeta; la duración de la formación de cada pliegue geológico, por grande que haya podido ser, no bastaría para ello. La anatomía de estos pliegues, llevada ya tan lejos, da lugar a aproximaciones bastante múltiples, a cifras estadísticas bastante considerables, para que pueda pretenderse alcanzar la certeza científica en estos temas.

280. Ahora bien, en cuanto se aborden los detalles, se notará en la serie paleontológica así estudiada, con la ayuda de especies animales colocadas en la serie zoológica; tan bajo como sea posible, algo análogo a lo que ofrece la distribución geográfica de las especies. Hay especies que no se encuentran en determinadas localidades geográficas, porque no hubieran podido vivir allí; unas se encuentran en esta región y no en aquella otra, aunque la experiencia demuestra que pueden vivir tanto en una como en otra. Análogamente, se reconoce que ciertas especies han sido destruídas bruscamente por alguna catástrofe violenta, o han debido extinguirse progresivamente porque la naturaleza del medio cambiaba con lentitud; pero parecería también que muchas especies han aparecido, han dejado de existir, se han multiplicado o extinguido progresivamente, sin tener como causa aparente alteraciones notables en las influencias externas, sin cambio apreciable en la naturaleza del terreno, o cuando los

cambios que pueden apreciarse son mucho menores que otros, que no han impedido que la misma especie viva ni que sea tan abundante (*). Cada especie tendría entonces en sí misma, independientemente de la acción del medio ambiente, su «edad» o «época» fijada en la serie de los tiempos geológicos. Semejante consecuencia no estaría de acuerdo con la cosmología inorgánica, porque iría contra el principio de la razón de que toda identidad en las causas, produce identidad en los efectos, (178) y contra la noción de materialidad, que sólo permite explicar por el cambio de disposición de las partes del sistema material que se influyen unas a otras, el cambio en los efectos producidos. Pero, si el principio vital es una fuerza, una idea, un pensamiento superior que subsiste sin necesidad de ser inherente a un «substráttum» material, ya no hay contradicción en admitir que esta fuerza, esta idea, este pensamiento superior, contiene en sí mismo su razón de actuar y de manifestarse diversamente en épocas diferentes (248).

281. Semejante conjetura no puede darse, sin que inmediatamente estemos tentados de confrontarla con otra idea más antigua, la de una ley del desarrollo en virtud de la que habría un progreso general en la composición y elevación de los tipos orgánicos, a medida que ascendemos en la serie de las etapas geológicas; pero para apreciar justamente esta última idea, deben tomarse varias precauciones; hay que distinguir entre lo que es consecuencia de la necesidad de las armonías funcionales, y lo que dependería de una dirección dada a la evolución de los tipos, independientemente de las armonías funcionales y de la influencia de los medios (227 y sig.)

Los grandes cortes del reino orgánico están en relación manifiesta con la naturaleza de los medios. Las especies acuáticas tienen, en general, una organización inferior a la de las especies terrestres y aéreas. Así, por el solo hecho de que la porción emergida de la corteza terrestre fué extendiéndose, los tipos de una organización más elevada han debido aparecer sucesivamente; y a medida que esta porción emergida ofrecía menos recortes, por la sustitución de grandes masas continentales a los archipiélagos primitivos, las circunstancias fueron cada vez más favorables para la multiplicación de las formas entre las especies terrestre y aérea, consiguientemente a la aparición de ciertas formas más perfectas que otras.

Pero, además, en el mismo medio, en las mismas zonas, bajo iguales influencias externas, hay una desigualdad no menos

(*) Véase a este respecto las observaciones curiosas contenidas en una tesis de Contejean, sostenida ante la Facultad de Ciencias de Besançon, Montbeliard, 1859, in 4º

aparente en la elevación y la composición de los tipos que viven juntos; y si tales tipos han aparecido, sucesivamente, en un orden que ofrece los rasgos (por lo menos generales) de correspondencia con el orden de composición, habrá en esta correspondencia algo que no podrá explicarse únicamente por las armonías funcionales.

En el reino vegetal la simplicidad (relativamente mayor) de las formas, la uniformidad (también relativamente mayor) del plan general, hacen que la progresión de los tipos llame menos la atención del hombre común, y que, en cambio, los hombres de ciencia estén más fácilmente de acuerdo sobre su puesto jerárquico (224). El hombre de la calle no se asombra, sin duda, de la gran superioridad de la organización de un diente de león sobre la de un tulipán, de la de un tilo sobre la de un pino o de una palmera, pero, en cambio, la existencia de semejante superioridad no es discutida por los botánicos, y desde el momento en que se la admite, todos están de acuerdo en que hay una relación evidente entre el orden de aparición de los principales tipos vegetales y el orden de su perfección orgánica. Los vegetales criptógamos han precedido a los fanerógamos; los monocotiledóneos crecían abundantemente en la superficie de las tierras emergidas, cuando los dicotiledóneos todavía no habían aparecido; y entre éstos, las especies que llevan por excelencia el nombre de «compuesta», a causa de la disposición de sus flores, aparecieron más tardíamente que las otras. Por otra parte, es absolutamente imposible, aun en el reino vegetal, expresar por una serie lineal y única (230) el orden de composición relativa. Como, por otra parte, en razón de la diversidad de los lugares, el orden de aparición en la serie paleontológica no comporta tampoco una expresión rigurosa que pueda ayudar a una serie lineal y única, es claro que sólo puede pensarse en comprobar una correspondencia general entre los dos órdenes de hechos, sin detenerse en discusiones y objeciones de detalle.

282. Con mayor razón ocurrirá lo mismo cuando se trate del reino animal, cuyas grandes «ramificaciones», como las llama Cuvier, ofrecen tales diversidades de plan, que sería absurdo querer ordenarlas en una misma serie. Hay moluscos más perfectos que otros en su organización, e insectos de una organización más elevada que la de otros insectos, pero ¿cómo pronunciarse acerca de la relativa perfección del tipo del molusco y del tipo del insecto? Cuando se llega a los vertebrados, la cuestión cambia de aspecto, tan bien está establecida la superioridad orgánica del tipo de los vertebrados, sobre todos los demás tipos de la animalidad y la unidad del plan orgánico en toda la serie de los vertebrados. Así, no se pone en duda

que los vertebrados hayan aparecido mucho después que los tipos inferiores, y que el orden de aparición de las cuatro grandes clases de vertebrados no esté en correspondencia con el orden de preeminencia orgánica; por último, que en la clase de mamíferos que nos toca de más cerca, los tipos más perfeccionados hayan aparecido últimos. Estos resultados, comparados con los que nos presentan el reino vegetal, bastan, sin duda, para justificar la idea de una correlación general entre el orden de aparición de los tipos y su perfección relativa. Sin embargo, las objeciones de detalle adquieren aquí mayor gravedad. Se hace notar que nada anuncia un perfeccionamiento de especie a especie, según el orden del tiempo, en las ramificaciones inferiores del reino animal, que entre los mismos vertebrados, la clase de los peces y la de los reptiles, ofrecen numerosos ejemplos de especies y géneros modernos, que sustituyeron a especies y géneros más antiguos que los excedían por su composición orgánica; de manera que siempre habría que dejar una parte a una causa que no puede captarse, de distribución cronológica y de distribución geográfica de las especies.

Además de los caracteres que sirven para definir científicamente las especies propias de cada gran época geológica, hay cierta fisonomía general que las definiciones no traducen (276), pero que la imaginación reproduce con la ayuda de datos de la ciencia, y que no caracteriza menos bien las faunas o las floras de los períodos antiguos. Contemplando ciertas especies singulares, tales como el baobab o la jirafa, nos parece que tenemos ante nuestros ojos algunos sobrevivientes de una población destruída, destinados a vivir en un mundo diferente al nuestro, y en cierto modo extraviados en éste, de manera que algunas especies se encuentran geográficamente perdidas lejos de las zonas en las que viven sus congéneres y aquellos con las que tienen semejanzas generales de fisonomía y costumbres (275).

CAPÍTULO VIII

Del origen de las especies y de la idea de creación orgánica.

283. De todas las cuestiones que van más allá del alcance de la observación científica, ninguna depende más íntimamente de la ciencia y el orden de los hechos observables que los que inciden sobre los orígenes de cada especie orgánica y sobre las causas de la diversidad de las especies según el tiempo y el lugar. La imposibilidad de resolverlos científicamente produce una verdadera laguna en el sistema de nuestros conocimientos científicos; laguna que la razón debe colmar, cosa que no ha podido hacer hasta ahora, sin que los hechos adquiridos por la ciencia, el curso actual de los acontecimientos y los datos de la paleontología viniesen, por lo menos en apariencia, a contradecir y extraviar sus conjeturas.

Pero, podrá objetarse, puesto que se reconoce que estos problemas no pueden resolverse científicamente, ¿no sería más sencillo y más sensato dejar a un lado todo lo que permite una determinación científica? Es preciso hacer una distinción. Estamos condenados a una ignorancia invencible sobre ciertas cosas que todo espíritu sensato juzga por esto mismo inútil discutir, y que sólo se prestan a juegos de imaginación. Podrá hacerse, por ejemplo, toda una novela acerca del mundo de Júpiter o el de Saturno, sobre la estructura, el tamaño y las ideas de los seres que lo habitan; habrá allí un cuadro filosófico ingenioso, aunque completamente ajeno a la ciencia y aún a toda filosofía exigente. Aunque nos fuera posible explorar esos mundos lejanos, en caso de que existieran, se aumentaría el volumen de nuestros conocimientos científicos, sin alterar su forma o su cuadro, que es el objeto que ocupa esencialmente la filosofía, y por el cual ésta interviene inevitablemente en la discusión de todos nuestros conocimientos científicos. Tanto antes como después del descubrimiento de los animales y plantas que pueblan América, el problema (científicamente insoluble) del origen de los seres vivientes, se mezcló necesariamente a toda investigación científica de la Naturaleza viva, y ha sido

removido constantemente por todos los progresos científicos alcanzados. La situación sería siempre la misma si la exploración científica de los mundos de Júpiter y Saturno, que es ciertamente imposible, se hiciera posible. ¿Para qué, entonces, debatir filosóficamente problemas que no interesan esencialmente a la filosofía, sino solamente a la ciencia y sobre los cuales ésta no tiene influencia? Tales problemas no deben confundirse con aquellos que dependen de algo que es esencial a la naturaleza del espíritu humano y a sus relaciones con el mundo externo; cualquiera sea la impotencia del espíritu para resolverlos por medios científicos, nada puede hacer para impedir que se le impongan, que lo abrumen con un peso contra el cual reacciona con todos sus esfuerzos, acudiendo a una solución religiosa o filosófica, allí donde no puede alcanzar la solución científica.

284. Por otra parte, si no podemos llegar a una de esas soluciones que registra la ciencia, somos verdaderamente capaces de determinar, ya mediante las luces del simple buen sentido, ya mediante los datos de la observación científica, las condiciones que deben cumplir las soluciones para ser admisibles, y rechazar completamente ciertas soluciones, por ser irracionales o contrarias a hechos científicamente demostrados. Así los filósofos no discutirán la hipótesis que supondría que una encina, un caballo o un elefante, han sido creados súbitamente, o bien porque los materiales requeridos para ello han pasado, también, súbitamente de la nada al ser, o bien porque han acudido desde diversos puntos, para formar los compuestos químicos, los humores, tejidos y órganos que forman la estructura del árbol o del animal. Una operación misteriosa de la Naturaleza, el milagro propiamente dicho, quedaría substituído por un hecho maravilloso, contrario no solamente a lo que sabemos de los procedimientos actuales y habituales de la Naturaleza, sino a la idea fundamental que tenemos y debemos tener de las condiciones de una operación natural. Tales hechos pueden imponerse a la creencia del hombre en el orden religioso, en cuanto fundamentos necesarios de la religión, pero no podrían convertirse en objeto de una discusión filosófica o racional, en cuanto principios de la explicación de los hechos naturales.

285. Consideremos otra hipótesis. Vemos que un fragmento de vegetal (un pedazo de rama o de raíz, un trozo de hoja) puede, en circunstancias convenientes, reproducir un vegetal entero, con todos sus aparatos de floración y de fructificación, la totalidad de cuyos caracteres típicos, hábitos adquiridos en

la serie de las generaciones anteriores y aptitudes orgánicas, hasta en sus menores detalles, se encontrarían determinadas por lo que es más sencillo en la organización vegetal, por un grupo de células consideradas al azar en la planta madre; y una sola célula, quizá un fragmento de célula, tendría probablemente la misma virtud, si poseyéramos los instrumentos que nos permitiesen tomarlo y aislarlo, para volver a colocarla luego en las condiciones más favorables a su desarrollo. No sería ni más ni menos sorprendente que esa misma célula, en otra época, en circunstancias distintas, en otra fase del poder plástico de la Naturaleza, cuando los tipos orgánicos tenían todavía una flexibilidad que han perdido desde entonces, haya podido (según el tipo de las excitaciones e influencias externas, o por la solicitación de una fuerza interna que tendería hacia un fin hoy alcanzado) regenerar organismos tan diferentes unos de otros, como una especie lo es hoy de otra especie, y aún un género de otro género. Esto no es nada más que un postulado, sin duda, pero es un postulado que no impone al entendimiento ninguna carga nueva, que no es más difícil concebir (y aún en cierto sentido es más fácil), que concebir los hechos observados que es preciso admitir.

Esta virtud, que nada impide atribuir a una simple célula, bien podemos suponer que reside y que ha residido en una simiente, una espora o en un órgano cualquiera o rudimento de órgano, más especialmente adecuado a la reproducción de las plantas. Por último, si se establece de una vez por todas (258) que, en las experiencias de laboratorio y en los medios artificialmente preparados por nosotros, ciertos organismos (del orden más ínfimo, es verdad) pueden crearse por entero, ya no sería ilícito admitir que, en otras condiciones, bajo otras influencias, los gérmenes de organismos más perfectos hayan podido, análogamente, constituirse por completo en medios apropiados.

286. Tenemos que indicar aquí, como mejor podamos, el nudo de la dificultad, ya que tanto los filósofos como los sabios que se han ocupado de estas cuestiones abstrusas, parecen no haberlo advertido. Es preciso que hagamos sentir la diferencia que separa el milagro o el prodigio que los filósofos no discuten, y el misterio ante el cual la razón debe resignarse; la diferencia entre lo que contradice las máximas inmutables de la razón y lo que sólo contradice las observaciones deducidas del curso actual de los acontecimientos. En otros términos, es preciso que expliquemos por qué una formación orgánica completa es un misterio, nada más, mientras permanecemos en la esfera de las acciones infinitesimales, y se convertiría en mi-

lagro, si saliéramos de esta esfera y de las condiciones del organismo naciente.

La razón, decimos, se rehusa a admitir que una encina se constituya con todos sus elementos de una sola vez, y no se rehusa a admitir algo análogo para el embrión de la encina; ¿a qué se debe esto? ¿Es porque estamos bien seguros de que en el orden actual de las cosas, las encinas no se constituyen así, mientras que el embrión de la encina podría formarse enteramente de una sola vez, en alguna parte, sin que nosotros lo supiéramos? De ningún modo. ¿Es porque el grosor de la encina sobrepasa enormemente al del embrión? Otra vez no. Es que al aserrar transversalmente la encina, distinguimos y contamos capas leñosas que son otros tantos testigos indiscutibles de los aumentos progresivos sufridos por la encina, en la sucesión de sus vegetaciones anuales, de manera que por allí podemos determinar la edad del tronco y la de cada rama. Sin esto, sería extraordinario (es decir, contrario al orden actual de las cosas) pero no imposible y absurdo, que una encina pudiera crecer en quince días como el bohordo de la pita, cuyas dimensiones exceden enormemente las de una humilde gramínea, y que crece tan rápidamente. Por el contrario, la formación súbita de un tronco leñoso, cuya estructura implica el encajamiento de capas anuales sucesivas, sería una especie de absurdo de la Naturaleza, un desmentido dado a las reglas de la razón, que son las que dominan las reglas de toda operación natural. Sería ir contra el sentido común suponer (como lo han hecho más de una vez hombres de ciencia muy respetables) que las dimensiones de la artesa y la masa de la pasta pueden influir sobre el producto de la fermentación, hasta el punto de formar una encina por entero, cuando las dimensiones de la artesa exceden las dimensiones de los recipientes en los que hacemos nuestras experiencias, tanto como las dimensiones de la encina exceden las del criptógamo microscópico que creamos o creemos haber creado en nuestras experiencias.

En el reino animal no se encuentra algo que recuerde con precisión el fenómeno del encaje de las capas leñosas anuales, pero se encuentra el equivalente, en lo que se refiere al punto que nos ocupa. Efectivamente, el animal joven necesita, a la larga, extraer del medio ambiente los materiales específicamente adecuados para cada parte de su organismo y, muy a menudo, no podría encontrarlos reunidos en un mismo lugar con la abundancia suficiente; es preciso que vaya a buscarlos a lo lejos, y que la elección se haga en el acto de la nutrición (250); es preciso, por lo menos, si permanece en un mismo lugar, que haya transcurrido un cierto tiempo para que los medios que lo bañan le hayan traído esos materiales en proporciones suficientes. Necesita calcio para la construcción de la concha o del armazón óseo; necesita el fósforo que compone esencialmente el tejido de ciertos órganos y el hierro que le es indispensable para la normal constitución de ciertos humores. Es, por lo tanto, completamente imposible que el animal aparezca ya enteramente formado, con su concha, sus huesos, sus tejidos, sus humores; el misterio de la generación o de la formación completa no puede referirse más que a la faz embrionaria del organismo, al organismo en estado naciente, cuyos materiales se encuentran en todas partes o en casi todas. El tamaño del recipiente en el que la Naturaleza experimentará, no influiría para nada en la cosa; no podría obtenerse un elefante completamente formado, con su trompa y sus defensas, y nada puede deducirse aquí de lo pequeño a lo grande (188).

287. Nuestras hipótesis sobre la formación de las especies orgánicas están sometidas todavía a otra condición. Sería desconocer la esencia misma del principio de las manifestaciones vitales, atribuir a excitaciones físicas y externas, el papel principal en el fenómeno en el que la energía propia del principio vital se muestra en su nivel más alto, a saber en la producción de un tipo nuevo. Lo mismo que la energía vital desplegada en el acto de la generación ordinaria excede la energía requerida para las funciones habituales, cuyo objeto es la nutrición y mantenimiento del individuo (256), así debe ser excedida por la que la Naturaleza despliega, cuando se trata de producir tipos nuevos. Sin embargo, no se nos ocurre atribuir a estimulantes externos, a una temperatura más templada, a una alimentación más abundante, la parte principal del fenómeno de la generación ordinaria (244). Las diferencias que observamos a este respecto de un tipo a otro, bajo la influencia de las mismas excitaciones externas, denotan claramente que la parte fundamental se debe, por el contrario, a la constitución del tipo y al poder vital que la Naturaleza ha puesto en él, con un fin determinado. En consecuencia, podemos creer, según todas las analogías, que se buscaría vanamente en causas físicas externas la explicación suficiente del gran fenómeno de la constitución de las especies actuales y de las que los han precedido.

En efecto, la observación cuadra con estos puntos de vista generales. ¿Por qué ya no se producen ante nuestros ojos especies nuevas, por lo menos en los tipos superiores que nos son bien conocidos? ¿Es acaso porque ya no se producen crisis geológicas como las que provocaron o acompañaron la renovación y refundición de los tipos? Puede contestarse que el orden

actual de las cosas no excluye perturbaciones (tales como las erupciones volcánicas y los temblores de tierra), debidas a las mismas causas físicas que las que, antaño, labraron y devastaron, en escala mucho mayor, la corteza de nuestro planeta. Ahora bien, no observamos que semillas iguales generen especies diferentes, según hayan sido sembradas en los flancos nevados de las montañas o cerca de un cráter en erupción, o según se las transporte cerca del ecuador o de los polos. Brotan o mueren, según encuentren o no un medio favorable, una exposición propicia, pero no generan ya una especie, ya otra, según la naturaleza de las excitaciones físicas y de los medios.

288. La paleontología da un criterio mucho más decisivo, asegurándonos la brevedad relativa de las épocas de conmoción y de transformación, y, en consecuencia, de la intervención necesaria de un principio instintivo y dirigente que se encamina hacia la meta final, más rápidamente de lo que podría hacerlo el juego de las combinaciones puramente fortuitas y el capricho de las causas externas. Si al pasar de un período geológico a otro, los tipos se hubiesen modificado gradual y lentamente, como consecuencia del cambio de las circunstancias externas, o si proyectos de nuevos tipos hubiesen abortado unos después de otros, hasta que, por el lento agotamiento de las combinaciones fortuitas, los tipos estables hubiesen prevalecido al fin, la paleontología ofrecería vestigios de esas épocas de transición, de confusión orgánica, y encontraríamos muestras de esas formas pasajeras, de esos ensayos frustrados. Sin embargo, no observamos nada semejante. El paso de una flora fósil a otra, de una fauna fósil a otra, parece neto y bien delimitado, sin tipos intermediarios, flotantes o indecisos, cosa que no excluye, sin embargo, ni la mezcla de floras y faunas distintas, en la superficie de contacto de las dos formaciones geológicas, ni la continuación de la existencia de ciertas especies, durante varias formaciones consecutivas, ni aún su reaparición después de ciertos intervalos. Nada o casi nada sabemos de la duración absoluta de los períodos geológicos; es posible que el progreso de las observaciones nos obligue a extender la escala de los tiempos geológicos más allá de todo lo que nuestra imaginación podría concebir en un primer momento, así como el progreso de las teorías nos ha obligado a agrandar cada vez más, hasta que nuestra imaginación sucumbió bajo la carga, la escala de las distancias astronómicas. No podemos, pues, pronunciarnos sobre la duración absoluta de las épocas durante las cuales la Naturaleza procedió a la refundición de las especies; únicamente la observación paleontológica nos atestigua que esta duración ha sido relativamente muy pequeña y como insensible, en comparación con la duración de los períodos geológicos durante los cuales las mismas especies y las mismas asociaciones de especies se conservaron, hasta el punto de no dejar rastros de productos transitorios, lo que basta para motivar la intervención de un principio interno de coordinación y de tendencia hacia un fin determinado.

Las individualidades anómalas o, como las llamamos, monstruosas, que se dan en nuestros días, no se convierten en origen de razas, porque la Naturaleza nada dispone, nada coordina para alcanzar ese fin. Quizá ya no esté en su poder hacerlo así; en todo caso, ya no es parte de sus planes, de su economía, ni de la finalidad que persigue y de la que tenemos, por otra parte, tantas muestras notables. Pero estamos todavía utilizando analogías, y no otorgamos arbitrariamente a la Naturaleza ningún atributo nuevo cuando admitimos, para satisfacer los datos de la observación, que en el origen o en las épocas de refundición de los tipos orgánicos, la Naturaleza desplegó, cuando fué necesario, la misma solicitud y arte para favorecer la aparición o la renovación de los tipos orgánicos, que la solicitud y arte de que hoy hace gala para proveer al individuo de todo lo que es esencial para su conservación y la conservación de la especie.

289. Esto nos lleva de nuevo, naturalmente, a las ideas ya sugeridas por un estudio más atento de los detalles de la paleontología (280). Si determinadas especies, a la larga, se apagaron por sí mismas, para dar lugar a otras, como consecuencia de un agotamiento lento de la fuerza vital de la especie, y sin que el cambio del medio y de las influencias externas parezcan haber sido su causa determinante y necesaria, no hay que extrañarse de ver convulsiones físicas que actúan a la vez sobre un gran número de especies, adelantar el término de su vida natural y así disponerlo todo para la aparición de un conjunto de formas nuevas. Nuestro entendimiento se prestaría a concebir un orden de cosas en el cual las formas orgánicas se reemplazarían así unas a otras, sin fin y sin término (193); pero puede concebir igualmente que la serie tenga a la vez un punto de partida y un término final. Aquí la existencia de un punto de partida queda fuera de dudas; y es el conjunto de la serie paleontológica el que debe aclararnos sobre la presencia o ausencia de un término final. Si no discernimos ningún orden, si los tipos se suceden indiferentemente unos a otros, sin tener en cuenta el puesto que ocupan en el plan general de los organismos (281), si nada nos autoriza suficien-

temente a distinguir la época actual de las épocas geológicas precedentes, la cosa resulta clara; no hay motivos para que la Naturaleza cambie de marcha; su poder plástico, en lo que se refiere a los tipos, se empleará en el futuro como se empleó en el pasado; si no parece haberse ejercido desde que el hombre se conoce a sí mismo y conoce la tierra que habita, es porque este intervalo de tiempo no es más que un punto en la duración. Por el contrario, si el fenómeno de la aparición sucesiva de tipos presenta en su conjunto un cierto orden, si hay motivos plausibles para creer que nuestro mundo terrestre ha llegado a una edad que contrasta con las edades anteriores, en cuanto admite fenómenos, desarrollos y perfeccionamientos de un tipo completamente distinto, tendríamos motivos suficientes para pensar que la era de las creaciones orgánicas ha sido definitivamente cerrada; que de allí viene nuestra impotencia para deducir científicamente, de la observación de los hechos actuales, la explicación de los hechos pasados, y la discusión filosófica, una vez más, habrá justificado las sugestiones del sentido común.

290. Preguntémonos, en efecto, qué sucedería si una catástrofe geológica (y el estado de la geología no nos autoriza a negar de manera absoluta su posibilidad) absorbiera un continente hoy emergido e hiciera surgir otro del seno de los mares. ¿Se atrevería alguien a sostener que el nuevo continente, separado de los otros por distancias que los cuadrúpedos actualmente existentes no pudieran franquear, que las simientes de la mayoría de los árboles que conocemos tampoco pudieran franquear, terminaría por poblarse de árboles y cuadrúpedos, unos formando especies nuevas, otros perteneciendo a especies ya existentes, aunque sin lazos de parentesco propiamente dichos con los individuos de las mismas especies que viven en los continentes respetados por el cataclismo, y ofreciendo solamente algunas variedades nuevas, bajo el imperio de las nuevas influencias locales? Nadie, ni sabio, ni ignorante, podría creerlo, a menos de estar bajo la fascinación de un sistema; tan contraria es esta suposición a la marcha que la Naturaleza sigue ante nuestros ojos, bajo el imperio de causas físicas, que no serían modificadas esencialmente por la producción del cataclismo. El sentido común nos sugiere a todos que el nuevo continente se poblaría poco a poco, solamente con aquellas especies cuyos individuos, cuyos gérmenes hubiesen podido ser transportados, a la larga, de otra parte o de especies inferiores, cuya actual posibilidad de creación no podemos negar fundadamente, y que todo esto constituiría una fauna y una flora bastante pobres, en comparación con las faunas

y las floras de los continentes hoy emergidos. En vano nos repetiríamos que lo que parece imposible, actualmente y en el futuro, ocurrió por cierto en el pasado; un sentimiento que no podemos definir, de la marcha general de la Naturaleza y del conjunto de los fenómenos vitales, nos haría rechazar esta asimilación del presente y del porvenir al pasado, de nuestra época y de épocas futuras a las épocas anteriores, como si la Naturaleza también tuviese pudor y se prohibiese los actos más secretos, cuando esos actos puedan tener testigos. No comprendemos, pero sentimos que la Naturaleza viviente puede tener sus edades como el individuo viviente tiene las suyas; que a la edad de las evoluciones y de las metamorfosis rápidas, casi siempre provocadas o ayudadas por excitaciones externas, puede suceder, tanto para las especies como para los individuos, la edad en la que las fuerzas vitales, en lucha con las influencias externas, no hacen sino mantener y conservar.

Sin embargo, si bien el conjunto de las observaciones paleontológicas da lugar a creer que la serie de las refundiciones y renovaciones de tipos en la superficie de nuestro globo ha quedado definitivamente terminada, existe, entre los individuos y las especies que subsisten actualmente, una diferencia esencial: el individuo llega necesariamente al término de su existencia, mientras que la especie (una vez consolidada y fijada) parece capaz de mantenerse indefinidamente, sin variaciones, ni aún seculares, si las condiciones externas mismas no sufren variaciones seculares.

291. La Naturaleza viviente no tiene la unidad de un poema; a lo sumo, tiene la de un ciclo poético. No debe, pues, sorprendernos, si conserva todavía, en relación con ciertas especies, o ciertos grupos de especies, su juventud y su plasticidad, mientras que otras han llegado ya al estado de consolidación y rigidez que no permite que los tipos reciban modificaciones esenciales y que con mayor razón se rehusa a toda refundición o renovación de tipos.

Ya algunos naturalistas distinguidos (*) explicaron las diferencias de flexibilidad que se observan todavía actualmente entre un tipo específico y otro (264), por la diferencia de edad entre dichos tipos; pero un hecho notable al alcance de la observación inmediata, viene en apoyo de esta concepción teórica. «Las primeras generaciones de una raza cultivada — dice Alfonso de Candolle— tienen efectivamente una gran disposición a variar. Si las especies actuales son razas, han de-

(*) Véase especialmente los «Etudes sur la géographie botanique de l'Europe, etc.», de Lecoq, y las observaciones de A. de Candolle en su «Géographie botanique», t. II, págs. 1100 y sig.

bido tener, en su origen, mayor variabilidad que la que poseen actualmente. Si han sido formadas de otra manera, es decir, por una creación especial, la analogía permite todavía considerar como probable una variación mayor de la especie en su origen, puesto que esta mayor variedad se observa en las razas. Aquí considero el razonamiento por analogía, no diré directo y concluyente, pero sí plausible y de naturaleza tal, que parece indicar una cierta probabilidad. El punto de partida, el hecho de que las razas comiencen por ser variables, queda bien comprobado en las plantas cultivadas. Permítaseme citar aquí la opinión de un agricultor que ha creado razas, que supo observar con gran sagacidad y razonar sobre los hechos con juicio certero: Luis Vilmorin. Según él, para obtener modificaciones de especies cultivadas recientemente, hay que comenzar por obtener, de un modo o de otro, una modificación cualquiera; luego, cuando la especie ha sido perturbada, «enloquecida» (es el término que usa), se hace más dúctil y pueden obtenerse de ella, más fácilmente, las modificaciones buscadas. Estas modificaciones, una vez logradas y aisladas en planteles aislados, se convierten en razas permanentes».

292. Por otra parte, aunque la hipótesis de la flexibilidad de los tipos específicos, mayor en ciertas épocas pasadas que en nuestros días, puede bastar para explicar más o menos satisfactoriamente (163) la formación de un gran número de especies, constituyendo géneros verdaderamente naturales y aún para ayudar a comprender de qué manera, géneros muy próximos unos de otros, han podido derivar de un mismo tipo primitivo, dista mucho de explicar las profundas diferencias que separan los dos reinos, la mayoría de las especies y de los géneros y con mayor razón, las familias, los órdenes, las clases. Una vez más, no se trata de penetrar los misterios de la vida, sino de sondearlos (puesto que nuestro cuadro lo quiere así), no de aclarar un abismo, sino de proyectar algunas luces y hacer menos abrumadoras las dificultades bajo las cuales nuestra inteligencia sucumbe, cuando emprende de entrada, tentación que surge a menudo, el estudio de las más nobles especies y las más altas funciones de la vida animal. Sin embargo, la embriogenia y la teratología, al mostrarnos por un lado una sucesión de fases en la vida embrionaria, que corresponde a los tipos principales del organismo animal, y, por otra, los productos anormales que recuerdan esas fases transitorias (y que, en verdad, no pueden vivir y perpetuarse en las actuales circunstancias), nos indican el camino, y el único camino por el cual pudieron producirse naturalmente, las diversidades fundamentales de los tipos y la sustitución de un tipo a otro cuando

dicha sustitución fué necesaria. Una embriogenia anormal o una teratología fecunda, he ahí el postulado que hay que admitir necesariamente; porque fuera de esto sólo cabe un irracional maravilloso o sobrenatural, un paso súbito de la nada al ser, o una eclosión del limo terrestre, como podía soñársela en la infancia de la humanidad, de las ciencias y de la razón.

Si bien la organización animal presenta en general complicaciones mayores que la vegetal, nos ofrece también fenómenos mucho más singulares y adecuados para ampliar la idea que debemos forjarnos de los recursos de la Naturaleza. Las metamorfosis tan conocidas de los batracios y los insectos, nos muestran animales que, no ya solamente en el transcurso de las evoluciones de la vida fetal, sino en el desarrollo de su vida independiente, pertenecen a clases distintas, ya reptiles, ya peces; respirando primeramente por branquias, luego por pulmones; ya arrastrándose por el suelo, o tejiéndose un sudario, o desplegando en los aires sus alas brillantes. Si solamente conociéramos las especies que nos son más próximas, no vacilaríamos en relegar entre las quimeras, el postulado que implicaría la posibilidad de fenómenos tan extraños. Metamorfosis más singulares todavía (las de las medusas, herneos, lapas), deben aumentar nuestra reserva en lo que respecta al capítulo de lo imposible, al tratarse de operaciones naturales.

293. En esas épocas de crisis renovadoras, es claro que la necesidad de una fuerza dirigente, para explicar la ausencia de formas intermedias e indecisas en la serie paleontológica, se hace sentir tanto más, cuanto más elevados en la escala animal sean los tipos, y que pertenezcan a épocas más cercanas a las nuestras. Una cantidad de consideraciones nos obligan a admitir todavía la intervención especial de ese principio de finalidad y de coordinación para la constitución o la renovación del sistema de los tipos orgánicos. No se concebiría la aparición de las especies que se llaman sociales ni, entre las que no son necesariamente sociales, la existencia de especies en las cuales los sexos estuvieran separados, si la Naturaleza se hubiese limitado al juego de combinaciones fortuitas, al capricho de influencias externas para formar aquí y en cierta época, un individuo, y en otra época y a grandes distancias, otro individuo, aquí un individuo macho, allí una hembra. Por otra parte, las diversas especies vegetales y animales necesitan unas de otras, y en vano obtendríamos la evolución de un tipo, si evoluciones anteriores no hubiesen producido, en el momento propicio, la aparición de otros tipos, sin los cuales el nuevo tipo no podría subsistir (273). A menos que se produzca un

concierto armónico de circunstancias, el solo juego de combinaciones fortuitas hubiera debido traer, después de cada crisis renovadora, largos períodos de interrupción entre las creaciones sucesivas, lo que está en contradicción formal con la observación paleontológica. Fué necesario que ese concierto armónico de direcciones e influencias, que solamente la energía vital es capaz de poner en las cosas a las que se aplica, fuese colocado inicialmente por ella en las causas que determinaron la primera evolución de los organismos, de manera que los primeros representantes de cada especie, se encontrasen en la cantidad deseada y en las relaciones de situación (ya sea entre sí, ya sea con los representantes de especies anteriormente o simultáneamente creadas) que exigían la propagación inmediata de la especie, sin perjuicio de abandonar (como vemos que la Naturaleza abandona actualmente) las particularidades de la propagación ulterior, en zonas más amplias y en épocas más lejanas, al juego de las combinaciones fortuitas, a los accidentes de la generación y a los caprichos de las causas externas.

294. Es consecuencia del sentimiento, distinto o confuso, de la necesidad de una intervención primordial y especial del principio de finalidad y de armonía que preside la evolución de los seres vivos, que vemos que, en nuestros días, los investigadores evitan recurrir a explicaciones sobrenaturales, y no recurrirían a la palabra «creación» para designar la formación de los minerales y las rocas, las capas y los filones, los depósitos de hulla y las columnas de basalto, porque en la producción de todos estos objetos (y aún cuando las circunstancias actuales no permitiesen que se reprodujesen ahora) reconocemos fácilmente la acción de las fuerzas físicas perpetuamente inherentes a la materia; es por eso, decimos, que vemos que todos emplean la expresión «creación orgánica» para designar el conjunto de tipos propios de un país o una época geológica, sin suponer por eso, nada que sea distinto a un modo de operación natural que llegó a ser ajeno al orden actual o cuyas manifestaciones dudosas sólo inciden sobre algunos detalles ínfimos e insignificantes.

Por otra parte, hay que reconocer que ninguna operación sobrenatural, ningún milagro en el sentido vulgar de la palabra, es más propicio para excitar nuestra admiración, que la conducta de operaciones naturales, que son tan diferentes a lo que ocurre ante nuestros ojos, tan misteriosas, tan impotentes, tan prodigiosas a medida que se desarrollan en la sucesión de las épocas, y sobre todo a medida que se acercan a los tiempos en que comenzaron los destinos de nuestra propia raza. ¿Qué

podría darnos una idea más magnífica de un poder y de una inteligencia suprema? ¡Qué comentario más sublime de términos que no pudieron ser pronunciados en lenguaje humano alguno, sino a condición de que su sentido se profundizara gradualmente, a medida que la inteligencia del hombre se fortificara y que avanzara en el conocimiento de las obras de Dios! (*).

(*) «Dum ergo quisquis conatur id sentire in scripturis sanctis, quod in eis sensit ille, qui scripsit, quid mali est, si hoc sentiat quod tu, lux omnium veridicarum mentium, ostendis verum esse: etiam si hoc non sensit ille quem legit, quum et ille verum, nec tamen hoc, senserit?» San Agustín, Confesiones, libro XII, capítulo 18.

Capítulo IX

De las ideas de sustancia y de causa, en cuanto se aplican a la interpretación de los fenómenos de la vida orgánica y de la vida animal.

295. «Si todo quiere concebirse materialmente —dice Burdach—, sólo se encuentran, por todas partes, misterios que hacen imposible todo conocimiento; por todas partes sólo se ven milagros, que impiden encontrar, en ninguna, la Naturaleza».

Una célula vegetal, si es injertada en sujetos adecuados y, además, específicamente distintos unos de otros, posee la propiedad de regenerar la planta de la que ha sido tomada, con todos los detalles de su organismo, con todas sus aptitudes funcionales, cualquiera sea el órgano de la planta al que pertenezca, cualquiera sea la parte de la planta de la cual esa célula fué tomada, o las cualidades del sujeto al que ha sido adherida y que le comunica sus jugos nutritivos (285). ¿Puede concebirse que, en la estructura de la célula, en la configuración de las moléculas que la componen materialmente, en las fuerzas físicas que tienen asiento en esas moléculas, se encuentra la razón suficiente de todas las evoluciones orgánicas de la planta regenerada, y que, en las diferencias que presentan a este respecto las células de varias especies o de algunas variedades distintas, se encuentra la razón suficiente de todas las diferencias de organización, de funciones, de aptitudes y de hábitos que presentarán los vegetales regenerados? Si no puede admitirse, en su grosería (que el lector nos perdone la expresión) esta explicación geométrica o mecánica, si es necesario que un principio activo determine y dirija la evolución orgánica de la célula, teniendo en cuenta el tipo que debe reproducir, ¿qué punto, qué molécula será asiento de este principio, y cómo pasará de una molécula a otra, cuando las moléculas que constituían originariamente esa célula hayan sido eliminadas y reemplazadas por otras, como consecuencia del trabajo mismo de la organización?

Considérese este singular fenómeno que se llama «atavismo». Las particularidades de organización, de temperamento, de carácter de un antepasado, no se transmitirán a su descendencia inmediata y tendrán la propiedad de reaparecer en descendientes lejanos. ¿Cuáles son los detalles imperceptibles de estructura que pudieron retener en estado latente, durante varias generacones sucesivas, los caracteres típicos transmitidos con semejantes lagunas? O bien todavía, ¿cómo la virtud plástica, que debía hacerlos reaparecer después de un sueño tan largo, se prestó a cambiar tantas veces de asiento molecular, en las generaciones consecutivas?

296. Así aparecen, en el umbral de la fisiología y para los seres menos elevados en la escala de los organismos y de las funciones vitales, todas las dificultades y todos los misterios que preocupan a los filósofos, sobre todo a propósito de los fenómenos que ocurren en la conciencia humana y que dan lugar a actos voluntarios y reflexivos. No solamente en fenómenos de este orden, los más elevados de todos los que podemos conocer, sino en todas las funciones vitales vemos que la unidad armónica, la determinación típica y la «sinergia» formadora, a pesar de estar siempre estrechamente ligadas a disposiciones estructurales y a excitaciones físicas, no pueden, sin embargo, a la manera de las fuerzas físicas, ser consideradas como adheridas a un «substratum» material, simple o compuesto, a una molécula o a un sistema de moléculas; de donde resulta necesariamente una incoherencia en el sistema de nuestras concepciones, y una interrupción en su encadenamiento teórico, cuando pasamos, de la descripción o de las explicación de los fenómenos del orden físico, a la descripción o a la explicación de los fenómenos vitales.

¿Brinda aquí algún socorro, la hipótesis de los flúidos imponderables (165)? ¿Debemos ver en estas sustancias o en esta sustancia problemática, el «mediador plástico» imaginado por algunos filósofos, para facilitar la acción o la manera de concebir la acción de los poderes vitales sobre la materia? De ningún modo, mientras persistamos en aplicar la concepción atomística, tanto a los agentes imponderables como a la materia ponderable; en efecto, qué importa para nuestro objeto que los flúidos sean considerados más sutiles o más elásticos y los átomos más tenues? Siguen siendo flúidos y átomos, cuyo grado de sutileza y tenuidad, no destruye ninguna objeción y no resuelve ninguna dificultad. Porque se comprenda mejor el artificio y la delicadeza de los engranajes de una máquina, no se comprenderá mejor la naturaleza del poder motor y su modo de acción. Así, pues, sólo podemos utilizar el velo que toda-

vía recubre la naturaleza de esos agentes imponderables para conjeturar que dicho velo, si se levantara, nos dejaría entrever el principio de la acción vital, cosa que no constituye siquiera una de esas explicaciones «en términos generales» de las que hemos hablado más arriba (163).

Por otra parte, es un hecho que a cada descubrimiento notable en la física de los imponderables (por ejemplo, el de las excitaciones o resurrecciones galvánicas) nos hemos creído en el camino del descubrimiento del principio de las acciones vitales, y que, pasado el primer momento de admiración, todos advirtieron que no estábamos más adelantados que antes.

297. El «substratum» no material o no corporal de la actividad vital y plástica (en caso que exista y cualquiera sea su naturaleza) es lo que se ha llamado en el lenguaje popular un soplo un «alma» (ψυχή) y en el vocabulario filosófico el «arjé» (ἀρκὴ) la entelequia (ἐντελεχεία). Los pueblos niños se la figuraron como algo que tenía una forma, a la manera de los cuerpos y que, por otra parte, sería tan tenue e impalpable que no podría ser confundida con ninguna sustancia corporal. Los latinos utilizaban la palabra «alma» (ánima) mucho antes de que los griegos les transmitieran el gusto por esos juegos escénicos que les sugirieron la palabra «persona», que usamos todavía para designar, bajo la forma reflexiva de una idea, el sentimiento que todos tenemos del mantenimiento de nuestra existencia, como seres individuales e idénticos (173). Los mismos griegos empleaban, con igual sentido, la palabra πρόσωπον, que significó primeramente «rostro», luego sirvió para designar la «máscara» trágica, después el personaje teatral y por último lo que llamamos «persona». ¡Cuántos rodeos y tiempo para llegar a la expresión clara de la idea que más nos interesa! En el seno del pueblo más salvaje hay una manera de decir «yo», pero ha sido preciso llegar a las épocas más modernas de la filosofía, para que pudiésemos decir «el yo» con el riesgo de chocar, por la rareza de la locución, a todos los que se ocupan poco de filosofía y tienden demasiado a burlarse de los filósofos. La palabra «alma» ha recibido, hasta nuestros días, acepciones muy diversas, muy variadas, y el buen sacerdote que cuenta las almas de su parroquia, entiende la cosa y la palabra de modo completamente distinto a los diplomáticos que, en los congresos, calculan las almas por millares.

Desde el momento que el alma (a pesar de la etimología) ya no es un soplo, es claro que no podemos tener ninguna idea del principio sustancial de la vida, excepto la noción de que no podría ser corporal y que así escapa a toda representación del entendimiento. La conciencia solamente nos dará (a poco que la reflexión la esclarezca) una noción directa y positiva del «yo», y, por consiguiente, de nuestra alma, en cuanto sería el principio sustancial o «hipostático» de nuestra persona o de nuestro «yo»; esto tiene gran importancia desde el punto de vista de la ontología especulativa, ninguna desde el punto de vista moral y práctico, porque lo que me apena, lo que me inquieta, lo que me consuela, lo que lleva a la abnegación y a los sacrificios es el destino que me espera, «yo» o «mi persona», cualesquiera sean el origen, la esencia de ese lazo inaprehensible sin el cual los filósofos se complacerían en decidir que mi persona se desvanecería. Por otra parte, no nos ocupamos aquí de ideas metafísicas, y en especial de la idea de sustancia, sino solamente en cuanto ofrecen una clave interpretativa y un hilo conductor para la sistematización de los hechos naturales, objetos de la ciencia propiamente dicha, tales como los fenómenos de la vida orgánica y la vida animal; todo lo que concierne al alma o a la persona humana, su naturaleza superior, sus destinos extramundanos, pertenecen al campo de la filosofía moral y de la religión y queda fuera del dominio de la investigación científica.

298. Veamos, entonces, cómo la idea de un principio sustancial puede aplicarse a los fenómenos de la vida orgánica, y comparemos a este respecto los animales y los vegetales, cuyas especies ínfimas aparecen en las mismas circunstancias (233) y entre los cuales sabemos que reina una analogía grande, en las funciones más esenciales y más secretas de la vida (225 y 257). Así, pues, si fuera preciso una entelequia para explicar la generación, la evolución, la individualidad, la unidad orgánica del pez o del pájaro, sería preciso, aparentemente, otra para explicar la generación, la evolución, la individualidad, la unidad orgánica de la palmera o de la encina. Esta entelequia, esta alma, este «ferouer» vegetal, vendría no sabemos de dónde, retornaría no sabemos adónde, o bien pasaría de la nada al ser en el momento en que el germen fecundado comenzara las evoluciones de su vida embrionaria, y del ser a la nada al perecer la planta, de muerte natural o violenta. Las dificultades en concebir tales apariciones y desapariciones de sustancias son grandes, seguramente, pero si nos creemos obligados a soportarlas para el pez, el pájaro, el mamífero, cuya vida animal se asemeja más a la del hombre, es también razonable aceptarlas para la planta, cuya generación y evoluciones orgánicas se asemejan tanto a la generación del animal y sus evoluciones subsiguientes.

Hasta aquí todo va bien, pero ahora una objeción formidable. La planta no se multiplica tan sólo por este modo de generación que la hacen participar, hasta cierto punto, de la na-

turaleza animal; se multiplican también por injerto, por vástago. Cuando injerto un rosal o trasplanto un sauce, ¿la entelequia del rosal o del sauce se divide, se fracciona o bien engendra entelequias nuevas? ¿La entelequia del rosal silvestre sobre el que injerto un rosal delicado, subsiste total o parcialmente y, en este último caso, en qué forma concuerda con la entelequia del rosal? Así podrían multiplicarse las cuestiones, todas las cuales demuestran claramente el absurdo. El fenómeno de la generación ordinaria nos había, pues, engañado sobre el modo de concebir la esencia del vegetal, y si no es admisible para la planta, ¿por qué lo sería para el animal que nace de modo tan conforme al nacimiento habitual de la planta? Entre los animales, sobre todo entre los de clases inferiores, hay muchas cosas que se asemejan al injerto y al vástago vegetal. La esencia de la vida no puede cambiar completamente, como consecuencia de modificaciones evidentemente secundarias en el plano general de la organización de los seres vivos. Aún entre los animales de clases superiores, y hasta en el hombre (224), se observan casos teratológicos de injertos o adherencias, para los cuales habría que unir, no sabemos cómo, los «ferouers» o las entelequias. Ejemplos: las mellizas de Buffon, las Rilta-Christina y muchos otros. Sus «yo» eran independientes, aunque simpáticos; enhorabuena. Sus almas, en el sentido moral y cristiano, lo eran también, lo concedemos; pero no hay manera de concebir, ni como unidas, ni como divididas, las entelequias que hubieran sido en esas infortunadas criaturas, los sujetos sustanciales de la vida orgánica y de la vida animal.

299. El paso de la vida orgánica a la vida animal se produce, por otra parte, por grados tan insensibles, y da lugar a tales entrecruzamientos, que no podría distinguirse una entelequia para la vida orgánica y otra para la vida animal sin tropezar con absurdos semejantes a los que encontrábamos hace un momento. ¿Aparecería la entelequia animal en el momento en que comienzan las funciones animales, o bien, creada al mismo tiempo que la entelequia orgánica, permanecería durante un cierto tiempo en estado latente? ¿En qué se convertiría?; ¿en qué sería útil al germen frustrado, es decir, a aquel cuya mala constitución no le ha permitido la evolución ulterior de la vida animal y le condenó a vivir durante un tiempo más o menos largo, solamente la vida orgánica?

Cuestiones completamente análogas se presentan a propósito del alma humana, del alma que estudian los filósofos, moralistas y teólogos. ¿En qué época el feto, el niño tiene un alma, en este sentido? La dignidad de la naturaleza humana y

las intenciones que para con ella tiene el Creador, ¿exigirían acaso que una alma sustancial sea atribuída aún a la criatura que, en esta vida terrestre y pasajera, está destinada por su flaqueza o por el crimen ajeno a vivir solamente de vida animal o de vida orgánica? Problemas de teología o de jurisprudencia, para los cuales podemos acudir a una doctrina filosófica o a una creencia religiosa, pero que quedan fuera del alcance de la psicología que analiza los fenómenos del «yo»; de la fisiología, que trata de captar los jalones de la evolución de la vida orgánica o animal; de la medicina legal, que estudia sus síntomas, para su aplicación a las cuestiones jurídicas.

300. La sensibilidad y la memoria son, sin duda, las dos facultades que, dados los hábitos de nuestro espíritu, nos son más difíciles de concebir como no inherentes a ningún sujeto sustancial e individual, que siempre puede justificar su identidad de algún modo. La voluntad divina, el poder de la Naturaleza, el alma del Mundo que circula por todas partes, servirían a los filósofos, según los dogmas de sus sectas, para dar la razón, o si se quiere, la explicación «en términos generales» (163) de la formación y de la evolución de los organismos, de todas las funciones de la vida vegetativa, de todas las maravillas del instinto de los animales de clases inferiores; pero cuando llegamos a los animales de clases superiores, a los que tienen, por cierto, la facultad de sentir y una memoria, por lo menos rudimentaria, ¿diráse que es el alma del mundo la que en ellos goza, padece o recuerda? Imposible responder directamente a una objeción tan apremiante; y, sin embargo, por otro lado, cuando se reflexiona que la sensibilidad, después de todo, no es más que uno de los modos a los que recurre la Naturaleza para poner al ser vivo en relación con los objetos externos, para estimular en él el ejercicio de las acciones vitales; cuando se considera por cuántas fases y modificaciones continuas pasa la sensibilidad, desde la sensibilidad completamente latente y oscura, hasta la sensación neta y distinta, propia de los animales de clases superiores, no es posible admitir, filosóficamente, que el hecho particular quiebre el orden general, y que un grado más de evolución o de perfeccionamiento en el organismo haga necesario aquello cuya necesidad no fué demostrada hasta entonces por la razón.

La transición continua, no ocurre solamente de una especie a otra; en la misma especie, en el mismo organismo, de un órgano a otro, la sensibilidad se exalta o disminuye imperceptiblemente. A este respecto serían diferentes las condiciones del estado normal y las del estado mórbido. Determinada parte del organismo, que no produce ninguna sensación si el órgano

está sano, se hará sensible si el órgano enfermara. ¿Qué género de afección es la que sentía, antes que la exaltación patológica hubiese convertido esta afección en un dolor percibido? ¿Qué relaciones tenía con el sujeto sustancial e individual al que no afectaba? Y si hay que decir que afectaba igualmente a este sujeto sustancial e individual, el privilegio acordado a los fenómenos de la sensibilidad desaparece, pues, en el plan general de la Naturaleza; debemos juzgar los fenómenos y sus causas según el cuadro de conjunto que presentan, y no según ciertos fenómenos particulares que, si bien tienen para nosotros más importancia que todos los demás, es debido únicamente a ciertos prejuicios de constitución y al hecho de que nosotros mismos sentimos afecciones análogas.

301. Nuestra propia experiencia muestra que muchas sensaciones no solamente no dejan rastros en la memoria, sino que escapan aún a nuestra conciencia, a nuestro sentido íntimo, a nuestra persona, a nuestro «yo». ¿Debemos, sin embargo, considerarlas como afecciones del ente, de la sustancia que llamamos alma? Sobre este punto, grandes debates entre los metafísicos. La afirmativa prevalece generalmente, porque dicen que el «yo» bien puede ser solamente una manera de ser del alma, entre otras varias de las que no podemos tener ninguna idea, ninguna percepción, ni por los sentidos externos ni por la conciencia. Sea: ¿pero acaso no vemos a cuantas hipótesis inútiles nos lleva esta suposición? Recién era la naturaleza especial de las afecciones del «yo», que percibimos bien, la que parecía requerir como sostén una sustancia especial, cuya esencia no podemos aprehender; y ahora, he aquí que debemos atribuir a esta sustancia inaprehensible afecciones igualmente inaprehensibles. La sustancia directamente inaprehensible ha sido concebida para servir de sostén y de lazo entre fenómenos incontestables; para mantener el lazo entre los fenómenos, en virtud de la entidad sustancial, es preciso suponer fenómenos que no se nos revelan, de los cuales no tenemos idea alguna, y que serían las afecciones incomprensibles de una sustancia incomprensible.

302. Las funciones de la sensibilidad y de la memoria no son tan adecuadas para establecer la necesidad de un sujeto sustancial del «yo», que hayan podido evitar que algunos filósofos hayan buscado en otra parte el fundamento de la personalidad humana. Según Maine de Biran, lo que constituye el «yo» humano, la esencia del alma humana, es el poder de tomar determinaciones libres. Las afecciones de la sensibilidad, los simulacros de la imaginación, los arrebatos de las pasiones,

pertenecen a la naturaleza animal y son ajenos al «yo» (*). No discutimos este sistema; lo indicamos solamente para sacar la consecuencia de que a los ojos de un pensador, cuyas tendencias espiritualistas no pueden ser puestas en duda, los fenómenos de sensibilidad, de imaginación nada tienen que implique, más que otros fenómenos de la vida orgánica o animal, la necesidad de un sostén sustancial y que, en su manera de definir el «yo» humano, el «yo» que se eleva por encima de las condiciones de la animalidad, sólo interviene la idea de fuerza, conforme a la doctrina de Leibnitz, en la que no se considera la fuerza como atributo de una sustancia, sino la sustancialidad o la identidad persistente, como el atributo o la cualidad de una fuerza, como la consecuencia y no como el fondo de su naturaleza (175).

303. Cuanto más vacilante se haga el apoyo que presta al entendimiento humano la idea de sustancia, tanto más tiende a afirmarse y a prevalecer la idea de causa. Y, en efecto, la física propiamente dicha (porque no hablamos aquí de las ideas que la contemplación del orden del mundo y de los hechos cosmológicos nos sugieren necesariamente) podría, en rigor, hacer caso omiso de la idea de causa. Ciertos filósofos han intentado desterrarla; y en esto violentaron sin duda las disposiciones naturales del espíritu humano y los hábitos del lenguaje, pero sin incurrir en el absurdo lógico. Para ellos, la idea de fuerza es una superación, y, por lo tanto, la idea de causa también lo es. En el orden físico sólo hay sustancias (llámeselas átomos o corpúsculos) y leyes a las cuales se someten dichos corpúsculos. En virtud de esas leyes, todos los corpúsculos adquieren ciertos movimientos o bien permanecen en reposo cuando los movimientos que deberían tomar, en virtud de leyes diferentes y coexistentes, se anulan unos a otros. No volveremos a discutir esta teoría, expuesta, analizada y extensamente juzgada en el libro precedente, debido a la importancia fundamental de la cuestión. Hemos hecho notar entonces que, en efecto, la idea de fuerza tan útil y (si no en sentido lógico, por lo menos en sentido filosófico) tan indispensable para la interpretación de los fenómenos materiales, nos es dada por la conciencia de un hecho orgánico y vital. Lo que debemos notar aquí es que, una vez llegados a la interpretación de los fenómenos vitales, la idea de causa, de fuerza o de principio activo vuelve a ganar necesariamente todo lo que pierde la idea concomitante de realidad sustancial. Tenía el papel accesorio y, por así decir, facultativo; adquiere el papel principal y necesario.

(*) «Oeuvres philos.», t. III, passim. Véase también nuestro «Essai...», capítulo XXIII.

304. Cuando intervienen las fuerzas vitales, sentimos la necesidad de distinguir la actividad propia que las caracteriza exclusivamente, del modo de acción propio de las fuerzas físicas, y de allí la distinción entre el estímulo externo y la acción interna a la que el efecto producido debe relacionarse como a su causa verdadera (244). No hay lugar para semejante distinción cuando sólo se trata del concurso de fuerzas mecánicas, físicas o químicas. Permanecen en todas las circunstancias, lo que siempre han sido; solamente la diversidad de las circunstancias y de las combinaciones puede producir, según los casos, efectos diversos. Recordábamos hace un momento que las fuerzas mecánicas, físicas y químicas, han podido ser consideradas como «leyes», y no puede estimularse ni paralizarse una ley.

305. La distinción es tanto más notable, porque se produce a propósitos de fenómenos de orden más elevado, pero en el fondo el principio distintivo es el mismo. Aquí tenemos soldados, a quienes el refrán de una canción nacional inspira empuje bélico; allí tenemos un versificador alegre, cuyas rimas brotan en la alegría del festín, o un sabio cuyas meditaciones solitarias se ven favorecidas por el uso del café. ¿Es que atribuiremos, por esto, al champagne o al café, el mérito de las estrofas o el honor de los teoremas? ¿Es acaso que los efectos conocidos del refrán guerrero nos dispensarán de rendir homenaje a la valentía del soldado? Es en virtud del mismo principio que los psicólogos y los moralistas distinguen, con razón, entre el motivo y la causa de un acto voluntario y libre. El acto voluntario no se produce sin motivos, sin excitaciones externas (o por lo menos, sin solicitaciones animales e instintivas, que desempeñan en relación a la persona moral, a lo que hay de más íntimo en nuestro ser, el papel de estimulante externo), y, sin embargo, atribuímos el mérito o desmedro moral a la persona del agente, como el autor verdadero del acto, así como atribuímos el mérito de una obra de arte o de ciencia al genio del sabio o del artista y no a las influencias físicas o fisiológicas que pudieron excitar los esfuerzos de su genio. Líbrenos el cielo de entrar, sin que el plan de nuestra obra nos lo imponga, en los abismos metafísicos cavados por el problema de la libertad humana; queríamos solamente indicar aquí, como lo hemos hecho más arriba, a propósito de la noción de sustancia, que el origen de la mayoría de los grandes problemas de la psicología humana debe remontarse más arriba, en el punto mismo en que los fenómenos vitales comienzan a aparecer en el seno del mundo físico.

306. En nuestra opinión, ahora podemos darnos perfectamente cuenta de lo que debe entenderse por «vitalismo» y por

«animismo». Vitalistas son todos aquellos que no admiten que los fenómenos de la vida, cualquiera sea el nivel en que se los observe, puedan explicarse por el solo juego de las fuezas mecánicas, físicas y químicas, que operan sobre grupos de átomos convenientemente dispuestos, y que, por lo tanto, están obligados a concebir una fuerza o fuerzas de otra naturaleza, sin un «substratum» material, al que puedan ser consideradas perpetuamente inherentes, que obran por energía propia, a favor de circunstancias propicias y bajo la influencia de excitaciones externas; de manera que realizan, por el arrastre pasajero de partículas materiales, accidentalmente comprendidas en su esfera de acción, una idea, una forma, un tipo orgánico, cuya evolución y funciones sucesivas se gobiernan principalmente por lo que constituye la esencia, para nosotros incomprensible, de las fuerzas vitales mismas. Estas fuerzas son para nosotros incomprensibles, porque los fenómenos que ocurren en nosotros y que la conciencia nos revela, cualquiera sea la importancia que con justicia le otorguemos, cualquiera sea el perfeccionamiento que supongan en el modo de operación de las fuerzas vitales, sólo son efectos muy lejanos, muy particulares y muy poco adecuados, en consecuencia, para encaminarnos hacia lo que es fundamental y esencial en el principio operante, o bien constituyen un orden especial y distinto de fenómenos, propios exclusivamente de la naturaleza humana, sin analogía con todas las otras criaturas vivientes, sometidos a leyes que contrastan profundamente, como lo veremos, con las leyes generales de la vida, a tal punto que el hombre está inducido a creer, invenciblemente, que por ese lado de su naturaleza, pertenece a un mundo invisible, externo o superior del que está al alcance de sus sentidos y en cuyo seno se cumplen los fenómenos vitales y las funciones del organismo.

Sin preocuparnos por cuestiones ontológicas, ni por las aplicaciones que puedan hacerse de la noción de sustancia a la naturaleza del principio vital, los vitalistas recurren a la idea de fuerza de los físicos, por ser la que mejor representa lo que parece ser más general, más fundamental, más esencial en las manifestaciones tan variadas de la causa que produce los fenómenos vitales, o más bien reclaman lo que les es debido; reclaman a los físicos una idea que éstos habían extraído de los fenómenos de la Naturaleza viviente, modificándola para acomodarla a la explicación de los fenómenos del mundo físico, sustituyendo fuerzas cuyo carácter esencial es cansarse y agotarse (86) por fuerzas que no se cansan ni agotan jamás.

307. Los animistas son aquellos que, admitiendo el punto de partida de los vitalistas, es decir, la imposibilidad de ex-

plicar los fenómenos vitales por el solo juego de fuerzas físicas, perpetuamente inherentes a partículas materiales, creen, además, que es absolutamente necesario suponer sustancias a las que las fuerzas vitales son inherentes, y en la imposibilidad de dar una representación que satisfaga el entendimiento les dan diversos nombres, entre los cuales el de «soplo» o «alma», tomado de una de las funciones más esenciales y más aparentes de la vida animal, es la más usada, y llegó a convertirse en palabra del lenguaje común, no por sus aplicaciones filosóficas y científicas, sino por las ideas morales y religiosas que a ella se relacionan en lo que concierne la naturaleza y destinos humanos.

308. Además, y en lo que concierne al hombre en particular, los términos de vitalismo y animismo tienen todavía otro sentido, y sirven para marcar otro contraste. Porque, admitiéndose o designándose el principio constitutivo del «yo» humano, de la personalidad humana (ya se la califique de fuerza o de sustancia) con el nombre de «alma» (297), sucede que algunos, los llamados animistas, atribuyen a esta alma virtud operante, no solamente para fenómenos de orden intelectual y moral, sino también para todos aquellos que pertenecen a la vida animal y aún a la orgánica; mientras que otros (que por oposición llamamos entonces vitalistas) liberan al alma de esos cuidados íntimos, que quedan a cargo de una fuerza, un principio activo, de la misma naturaleza que la fuerza o principio activo que produce fenómenos análogos en los seres vivientes inferiores al hombre. Los animistas, en este sentido, tienen a su favor esa gran máxima, que no hay que multiplicar sin necesidad los seres, y menos todavía aquellos seres incomprensibles o inaprensibles para nuestro entendimiento. Pero, por su lado, los vitalistas invocan una máxima más fundamental todavía, a saber, que es preciso atribuir efectos análogos a causas análogas. Ahora bien, ¿qué puede ser más semejante a la vida animal y vegetativa del hombre que la vida animal y vegetativa de otras especies vivientes? Así, pues, si juzgamos según el precepto baconiano «ex analogia universi» (*), los vitalistas tendrán razón en este sentido. Pero mejor sería decir que este conflicto, científicamente insoluble, no interesa en realidad ni a la ciencia, ni a la moral, ni a la historia; de modo que no hay ningún motivo para detenernos en él por más tiempo.

(*) Nov. Org., I, 41; y II, 40.

CAPÍTULO X

De las ideas de armonía y finalidad, de las ideas de lo bello y del bien en sus aplicaciones a los seres vivientes. De la idea de Naturaleza.

309. El ser vivo lleva en sí su principio eficaz de unidad y actividad armónica, y por esto se comprende que el espectáculo de los seres vivos debe contribuir, sobre todo, a darnos la idea de lo «bello». Cuando la vida multiplica y varía infinitamente las formas, con tal profusión que nada puede comparársele en los fenómenos del mundo inorgánico, obedece esencialmente a una regla de armonía y unidad, es decir, a la norma que es el principio supremo de la belleza. Entre las arborizaciones extrañas que empañan nuestros vidrios durante una helada, el azar produce algunas que son hermosas. Supóngase ahora fuerzas naturales que no actúan intermitentemente, sino cuya acción continua produce, sin cesar, combinaciones nuevas; colóquese el lector frente a una aurora boreal o a un conjunto de nubes, cuya disposición y efectos de luz varían en cada instante y habrá más probabilidades, sin duda, para que se dé una disposición hermosa, entre tantos arreglos efímeros. ¿Qué pasaría entonces si una causa interna, como ocurre en la formación del organismo vivo, predispusiera a las condiciones de belleza? Es bien conocido ese juguete llamado «kaleidescopio», que basta agitar para producir una inagotable variedad de imágenes y que suele ayudar, dicen, a los dibujantes de géneros a variar sus «disposiciones», en la medida que lo exigen los caprichos de la moda; lo que el dibujante hace con sus instrumentos, el horticultor lo hace con sus plantas, de manera mucho más segura, porque dirige fuerzas esencialmente organizadoras, por ciegas que éstas sean. Y cuando la Naturaleza, librada a sí misma, agita la urna del azar, a fin de producir combinaciones infinitas, las únicas que aparecen, porque son viables, sólo pueden darse a condición de poseer, en cierta medida, las cualidades cuya reunión más completa evoca en nosotros la idea de lo bello.

310. Así, pues, la sola necesidad de las armonías funcionales, sería un principio de belleza en los seres vivos, y las degradaciones que comportan esas armonías, sin llegar sin embargo a imposibilitar la vida del individuo o la conservación de la especie, bastan para autorizar el juicio que formulamos, cuando pensamos que tal individuo es más bello en su especie, tal especie más bella en su género (*). Pero, por otra parte, sabemos que existen en el organismo caracteres típicos que prevalecen y dominan aún las armonías funcionales (227), y, por lo tanto, puede haber una belleza ligada a las formas típicas, independiente de toda armonía funcional (74). El tipo general de árboles dicotiledóneos (208) se encuentra en el manzano, en la encina y en el álamo de Italia, y parece que la necesidad de armonía funcional se satisface tan bien en uno de estos árboles como en los otros. Sin embargo, el cono muy agudo del álamo de Italia y el cono muy obtuso del manzano, parecerán formas menos majestuosas, menos bellas; preferimos el «porte» de la encina, por motivos análogos a los que nos harán preferir las líneas de tal jarrón a las de tal otro, y que nos harán apartar, como poco graciosas, la forma del rectángulo muy alargado o de la elipse muy achatada (73). El cisne, como la garza real, tienen el pico pegado a un largo cuello, por medio del cual queda satisfecha una exigencia funcional de ambos pájaros; pero, además, en cuanto forma típica, la voluta del cuello del cisne tiene una elegancia que le es propia y que nuestro arte gusta imitar, cuando se trata, por ejemplo, de decorar con asas una vasija ornamental.

311. Así como la idea de armonía lleva a la idea de lo bello, análogamente, la idea del «bien» se relaciona con la idea de finalidad; y he ahí por qué no podíamos extraer la idea de lo bueno, de la contemplación de los fenómenos puramente cósmicos, cuando dejábamos de lado lo que sabemos sobre la constitución y las necesidades de los seres vivos que pueblan nuestro mundo (200). En efecto, en el mundo físico existen conglomerados, cuerpos, medios, pero no seres, hablando con propiedad, que tengan una existencia individual, una unidad esencial (185), un tipo específico, que sus ejemplares deban conservar y multiplicar. Si examino el sistema planetario, descubriré en él una disposición bella; puedo analizar las condiciones de las que depende la estabilidad de este orden bello, pero el sistema planetario no es algo que subsista y deba ser concebido independientemente de los cuerpos que lo componen actualmente, como un ser vivo subsiste y debe ser concebido

(*) «Essai...», cap. XII, Nos. 177 y sig.

independientemente de las moléculas materiales que asimiló ayer y que eliminará mañana. Si causas desconocidas perturban la disposición del sistema planetario y vuelven a traer el caos, habrá una belleza menos en el universo; pero, ¿dónde estaría el mal, si no hubiese seres vivos, cuya existencia fuese posibilitada por esa disposición que les es útil? Aparentemente, no sería un mal para los mundos de Sirio y de Vega; tampoco lo sería para el sistema planetario, que no pudo perder una existencia propia que no poseía. Tanto valdría decir que es un bien o un mal para la gota de agua, cristalizar en pequeños poliedros o convertirse en vapor.

312. Por el contrario, todo ser viviente, por ínfimo que sea su grado de organización, tiene que conservar su existencia propia, frente a la muerte y a la destrucción que lo esperan. Todo lo que lo destruye o tiende a destruirlo le es perjudicial tenga o no conciencia de ese bien, y sea o no ese bien, causa las afecciones dolorosas de su sensibilidad. Todo lo que lo desarrolla y conserva, o tiende a conservarlo, le es beneficioso, tenga o no conciencia de ese bien, y sea o no ese bien causa de sensaciones voluptuosas o agradables. Lo que la Escuela ha llamado bien y mal físicos, deberían entonces llamarse bien y mal fisiológicos o biológicos, según las acepciones modernas de esos términos; porque de la noción misma de vida deriva la mencionada noción del bien y del mal, en oposición al tipo de bien y de mal, cuya noción se relaciona con la idea de una ley moral y de seres morales. El médico tiene, pues, razón al pensar que el dolor no sólo no es un mal, sino que es un bien, toda vez que sirva para preservar al animal de un mal verdadero, para estimularlo, para provocar en el organismo una reacción saludable. A su vez, el placer no es un bien, sino un mal, siempre que sobreexcite y extravíe el apetito sensual, perjudicando la salud, el desarrollo, el vigor y la conservación del animal. Cuando el animal sufre, sin que este sufrimiento conduzca a una reacción saludable, o cuando sufre más de lo que dicha reacción saludable exigiría, como creemos fundadamente que ocurre a menudo, habrá allí un mal efectivo, que estamos inclinados a considerar como consecuencia severa, pero inevitable de leyes generales, buenas en sus efectos generales; por otra parte, se trata de definir las nociones de bien y de mal, y no de insistir sobre todas las viejas tentativas de explicación del origen del bien y del mal.

313. Sin embargo, se imponen algunas consideraciones. Así como la ciencia de lo general prevalece sobre la ciencia de lo particular, así y más aún, en el orden de la finalidad (y por

consiguiente, en el orden del bien), la especie prevalece evidentemente sobre los individuos. La naturaleza los descuida, se dice con razón, y está bien que así lo haga, puesto que ha tenido que abandonar a todos los caprichos del azar el hecho de su advenimiento a la existencia. Entre nosotros, seres humanos, aparecen los llamados grandes hombres, empapados en la opinión de que la masa ha sido creada únicamente para hacerlos valer; quizá tengan razón, y, en todo caso, la masa parece bastante dispuesta a creerlo así; pero nada semejante se observa entre los animales y las plantas. Aquí, todos los individuos se parecen; todos deben al puro azar que los gérmenes de donde provienen hayan sido preferidos a millares de otros gérmenes privados de desarrollo. Es, pues, preciso, necesariamente, que la finalidad que se relaciona con la conservación del individuo quede disminuída frente a la que atañe a la conservación de la especie, y con mayor razón, frente a la que tiene por objeto el mantenimiento de las armonías generales de la creación orgánica y el equilibrio de las especies.

314. Una helada puede destruir las tribus de insectos que vivían dependiendo de las plantas; esto es un mal para dichos insectos, pero es un bien para las plantas que recobrarán su vigor en la siguiente primavera; es un bien para las tribus de pájaros granívoros que encontrarán en las semillas de las plantas más sanas una alimentación más abundante o más reparadora; es un mal para las tribus de pájaros insectívoros, a quienes faltará su alimento predilecto. En ciertas épocas geológicas, se levantaron cadenas de montañas, y catástrofes espantosas devoraron millares de seres vivientes a la vez, e hicieron perecer, no solamente individuos, sino especies enteras; fué un mal (el mayor de todos, para estas especies y para esos individuos) en el que, sin embargo, se encontraba el germen de un bien para otros individuos y otras especies y (cosa que hay que tener particularmente en cuenta), una causa de progreso ulterior en la diversidad, la riqueza, la armonía y la belleza del mundo, ya que, gracias a este accidente geológico, allí donde sólo hubiéramos tenido la monótona vegetación de una vasta estepa, nos es dado contemplar, en gradas escalonadas, las formas más variadas del organismo (276).

315. En el orden fisiológico, el bien y el mal sólo expresan (acabamos de verlo) ideas relativas a un individuo o una especie, a grupos de individuos o especies; la riqueza, la armonía, la belleza son, por el contrario, cosas que encontramos en el mundo, porque están en él y no porque sean puestas por nosotros. Seres inteligentes, organizados de manera diferente a la nuestra,

las encontrarían igualmente, mientras que un ser inteligente, a quien faltara nuestra sensibilidad, no podría saber a qué llamamos placer y dolor. El estoicismo de la Naturaleza, en lo que se refiere al placer y al dolor de los seres sensibles, nada tiene, pues, que deba sorprender a la razón, y la razón concibe, por el contrario, perfectamente, que la Naturaleza subordine lo relativo a lo absoluto, lo que llamamos bien, y que sólo es tal para ciertas existencias perecederas y ciertas formas pasajeras, a lo que llamamos belleza y que lo es efectivamente en sí, y para todo ser apto para la percepción y contemplación de lo bello. Cuando, siguiendo la gradación de los fenómenos, llegamos a los fenómenos vitales, nos encontramos colocados, por decirlo así, en el corazón de la idea de lo bello, que ya se nos presentó en todos los eslabones precedentes, y que volveremos a encontrar más tarde, bajo la forma de «belleza moral»; en cambio, en este punto de entrecruzamiento, la idea de lo bueno sólo comienza a apuntar, flotante e indecisa, así como debe ocurrir en la primera fase de todo desarrollo (68).

Si pudiéramos elevarnos hasta el fin supremo de la creación, hasta las causas primeras que determinan, en sus rasgos más fundamentales, el ordenamiento general del mundo, quizá el bien y lo bello se confundirían para nosotros en una misma idea (92); quizá también esas dos ideas o dos fases de una misma idea, permanecerían diferenciadas, y otros cotejos, consecuencias de nuestras investigaciones, nos permitirán indicar más adelante, qué motivos nos lo hacen suponer así.

316. En todo caso, para inteligencias como las nuestras, la finalidad que no podemos desconocer en las obras de la Naturaleza es, por decirlo así, una finalidad inmediata y especial, y un conjunto de eslabones desprendidos, más bien que una cadena única, en la que todos los elementos estarían unidos unos a otros. La razón aspira a coordenarlo todo, con la más perfecta unidad; pero el instinto (y si se prefiere, la inspiración, cuando ésta se muestra solamente bajo la forma de un instinto sublime), se contenta satisfaciendo, con maravillosa destreza, la circunstancia actual y especial, y las necesidades del momento. La razón se complace en largos cálculos, aunque sólo sea por el placer de calcular; el instinto capta el recurso y las circunstancias inspiran dicho recurso al ingenio. Tal es el instinto del juego y la inspiración de los combates. Ahora bien, parecería que la forma en que la Naturaleza persigue sus fines, se asemejara mucho más al instinto o a la inspiración, que a la razón o al cálculo, según la noción que nos proporciona de ella nuestro sentido humano.

A pesar de que los partidarios de las causas finales hayan sido

perseguidos con desoladora ironía, las ciencias de la Naturaleza no pueden omitir el uso del principio de finalidad, como hilo conductor. Extraña antinomia, pero que deja de serlo cuando penetramos el sentido de la distinción que acabamos de hacer; en efecto, si nuestra débil razón humana puede, algunas veces, burlarse de sí misma, el instinto, sólo se nos aparece a través de un velo misterioso que lo protege contra nuestras burlas, y que infunde respeto aún al más escéptico.

317. Según nuestra manera de concebir racionalmente la finalidad, el término final de una serie es el que gobierna toda la serie de los precedentes, y cada término es gobernado más inmediatamente por el término que le antecede de manera inmediata. Si un industrial quiere establecer una papelería, la elección del sitio, del motor, de las máquinas, estará subordinada al propósito, al término final, que es la fabricación del papel. La Naturaleza de las maquinarias estará determinada por el modo de fabricación, y no el modo de fabricación por la naturaleza de las maquinarias; una vez determinada la naturaleza de estas últimas, será preciso que la naturaleza del motor, o por lo menos, la manera de recoger y gastar la fuerza motriz, se acomode a ella; por último, si nada perturba los cálculos del industrial, establecerá su fábrica allí donde encuentre la fuerza motriz más barata, y no subordinará la elección de la fuerza motriz a la elección del sitio. La finalidad instintiva procede a la inversa, y sus esfuerzos tienden a adecuar lo mejor posible, la producción actual a condiciones antecedentes y dominantes, y lo hace generalmente con una destreza que nos maravilla. Ahora bien, como lo hemos hecho notar en otra parte (*) si se examinan la mayoría de los ejemplos que acostumbramos a citar, con el fin de ridiculizar las causas finales, se verá que ese ridículo proviene de haber invertido las relaciones y considerado una finalidad instintiva como hubiésemos considerado una finalidad racional.

La luz, por ejemplo, con todas las propiedades que la caracterizan, y muchas de las cuales son perfectamente inútiles para el fenómeno de la visión, no se habría constituído teniendo en cuenta la estructura del ojo, que un día debía abrirse a ella, sino que la virtud plástica de donde procede la organización, moldeó el ojo teniendo en cuenta la adecuación de este órgano a la percepción de la luz, tal como ésta con anterioridad, había sido constituída fundamentalmente. Las propiedades químicas del oxígeno, del hidrógeno, del carbono, del nitrógeno, tienen, sin duda, sus leyes fundamentales y permanentes, completamente independientes de los desarrollos posteriores de la organización;

(*) «Essai...», cap. V, Nos. 65 y 66.

es la fuerza organizadora la que ha debido dirigir su trabajo, de manera que se aprovecharan las propiedades químicas de los materiales de que disponía (250). Las gramíneas no han sido creadas para servir de alimento a los animales herbívoros, ni el polen de las flores para las abejas; fueron, al contrario, los tipos del paquidermo y del rumiante, los que se constituyeron de manera tal, que las gramíneas pudieran ser alimento para los animales constituídos sobre estos tipos, y fué el organismo de la abeja el que experimentó las modificaciones convenientes para poder extraer del polen de las flores los jugos con los cuales fabrica su miel. Por último, se deduce de la comparación de todas las armonías funcionales con los datos o condiciones típicas, que estos últimos dominan las primeras (227), sobre todo en los detalles, y que, por cierto, nos sería muy difícil explicar la mayor parte de las condiciones típicas por medio de las armonías funcionales.

318. Los hombres han sentido tempranamente la necesidad de un término para designar ese poder oculto, que derrama la vida por todas partes, término que comprendiera todos los atributos con los cuales se nos manifiestan los fenómenos vitales, sin mezclar ideas distintas sugeridas por fenómenos de otro orden, por la conciencia que tenemos de nuestra personalidad moral, de nuestras determinaciones reflexivas, de una ley moral que debe regirla, de un bien y un mal moral. El término empleado a ese efecto es el de Naturaleza, en un sentido activo (Natura naturans, como decía la Escuela); término tan indispensable, que corresponde a una idea tan determinada, por difícil que sea definirla, que vemos que todos están de acuerdo en utilizarlo, tanto el creyente como el escéptico, los filósofos de todas las sectas como los sabios de todas las escuelas, el que profesa el materialismo más grosero, como el que se abisma en las regiones más brumosas del misticismo. Es preciso que haya una razón que explique tal acuerdo, y esta razón es la necesidad de distinguir, de apartar lo que asombra igualmente a todos, lo que todos se sienten obligados a admitir, cualquiera sea el sistema filosófico o religioso al que pertenezcan por su razón o su fe. Parecería tratarse de un territorio que un interés común aconseja neutralizar, sin perjuicio de transportar a otro los ardores bélicos. Créase en una Providencia sobrenatural, que recompensa y castiga, en su bondad y justicia, a quienes conmueven las plegarias y el arrepentimiento, o descártese este dogma consolador, siempre será preciso reconocer que en el mundo visible, fuera de la humanidad, la acción de la causa suprema no se manifiesta más que despojada de tales atributos morales, como basta para el gobierno de un mundo en el que la moralidad no tiene cabida.

319. La idea de Naturaleza es la idea de un poder y de un arte divino inexpresables, que no pueden compararse ni medirse con el poder y la industria del hombre, que imprimen a sus obras un carácter propio de majestad y gracia, obrando, sin embargo, bajo el imperio de condiciones necesarias; que tiende fatal e inexorablemente hacia un fin que nos excede, a pesar de lo cual, esta cadena de finalidad misteriosa, cuyo origen y término no podemos demostrar científicamente, se nos aparece como un hilo conductor, con cuya ayuda el orden se introduce en los hechos observados y que nos pone sobre el rastro de los hechos que debemos investigar. La idea de Naturaleza, precisada así, tanto como puede serlo, no es más que la concentración de toda la claridad que la observación y la razón arrojan sobre el conjunto de los fenómenos vitales, sobre el sistema de los seres vivos. Sería una concepción inútil, si solamente tuviéramos que explicarnos las leyes inmanentes que rigen la materia inerte, y no la forjaríamos por entero si sólo se tratara de explicar los accidentes estructurales del mundo material. Es una concepción que resulta insuficiente, cuando se trata de responder a otras exigencias de la razón y del corazón del hombre, y cuando nos elevamos a la contemplación de un orden moral en el que el hombre encuentra su sitio. La idea de Dios es la idea de la Naturaleza personalizada y moralizada, no a imitación del hombre, sino por una inducción motivada por la conciencia de la personalidad y de la moralidad humanas; la idea de la Naturaleza es la idea de Dios, mutilada por la supresión de la personalidad, de la libertad y de la moralidad; de donde esta profunda contradicción, de que hay en la idea de Naturaleza, a la vez mucho más y mucho menos que en la idea que el hombre se forja de sus propias facultades. Esta es la razón de las extraordinarias diferencias que presentan los sistemas religiosos fundados en la divinización de la Naturaleza; volveremos sobre ellos más tarde.

320. O bien la palabra METAFISICA no significa nada, o bien debe servir para designar las especulaciones que, en todo tiempo, atormentaron al espíritu humano, a propósito de las tres ideas fundamentales de sustancia, fuerza, finalidad, lo que permite distinguir en la metafísica, no precisamente tres secciones o tres ramas (como si se tratara de un cuerpo de doctrinas científicamente constituído) sino más bien tres partes o tres caminos: la ontología, la dinámica trascendente, la teleología, cada una de las cuales repite la otra a su manera, como por un cambio de clave o una transposición de la «nota» fundamental. La primera clave se adapta mejor al orden de los hechos materiales o puramente físicos; la tercera, al orden de los hechos

biológicos; la segunda (para la cual hemos dejado aparecer suficientemente nuestra inclinación, completamente leibnitziana), tiene el mérito de adaptarse igualmente bien a unos y otros. Hemos tratado de hacer resaltar este paralelismo, en el curso del presente libro, y del anterior, especialmente en los capítulos VIII y IX del libro II y en los capítulos IV, IX y X del libro III. No despreciamos la metafísica (¿quién se atrevería a menospreciar lo que constituye la pasión de tantos espíritus elevados?) pero no podríamos estar de acuerdo ni en que la metafísica es una ciencia, ni aun en que sea la mayor y principal parte de la filosofía, porque, ante todo, hay que colocar esa LOGICA SUPERIOR que procede de la idea de ORDEN; del orden que (según el pensamiento de Bossuet que no podríamos dejar de citar) «es amigo de la razón y su propio objeto» (*). En consecuencia, al mismo tiempo que hacíamos a nuestro modo, en los libros II y III del presente trabajo, una metafísica adaptada a la explicación y a la historia del mundo físico y de la Naturaleza viviente, hemos tenido en cuenta, sobre todo, la aplicación a las ciencias físicas y naturales, de esta lógica superior, cuyos principios fueron brevemente expuestos o recordados en el libro I.

(*) «Essai...», cap. 25, Nº 396.